

Distribution spatiale des Moules zébrées fixées dans la rivière Richelieu en 1997

Brigitte Cusson et Yves de Lafontaine
Contamination du milieu aquatique

Centre Saint-Laurent
Conservation de l'environnement
Environnement Canada

Avril 1998

COMMENTAIRES DES LECTEURS

Veillez adresser vos commentaires sur le contenu du présent rapport au Centre Saint-Laurent, Conservation de l'environnement, Environnement Canada – Région du Québec, 105, rue McGill, 7^e étage, Montréal (Québec), H2Y 2E7.

On devra citer la publication comme suit :

Cusson, B et Y. de Lafontaine. 1998. *Distribution spatiale des Moules zébrées fixées dans la rivière Richelieu en 1997*. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-167, 38 pages.

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 1998

N° de catalogue En153-100\1997F

ISBN 0-662-82893-3

Perspective de gestion

Ce rapport est publié dans le cadre du plan d'action fédéral-provincial Saint-Laurent Vision 2000 (SLV 2000). Il présente les résultats d'un projet d'étude découlant d'une collaboration entre le Centre Saint-Laurent et le Conseil régional de l'environnement de la Montérégie (CREM). Le document fait état de la présence et de la distribution de Moules zébrées juvéniles et adultes récoltées lors d'une activité de nettoyage du lit de la rivière Richelieu en septembre 1997. Il s'agit de la première confirmation de la présence de Moules zébrées dans un tributaire québécois du fleuve Saint-Laurent. Les résultats suggèrent que la colonisation de la rivière Richelieu serait associée à la production larvaire de 1996 en provenance du lac Champlain. La présence de Moules zébrées dans cette rivière pourrait porter atteinte à l'intégrité écosystémique de ce cours d'eau et représente une source additionnelle de risque pour la propagation de l'espèce dans le sud du Québec. Des mesures de contrôle pour minimiser les impacts engendrés par cette colonisation devront probablement être envisagées par les agences concernées.

Management Perspective

This report, published as part of the federal-provincial St. Lawrence Vision 2000 action plan, presents the results of a study conducted by the St. Lawrence Centre of Environment Canada, in collaboration with the Regional Environmental Council of the Monteregie (known by its French acronym, CREM). It is an assessment of the presence and distribution of juvenile and adult Zebra mussels in the Richelieu River, based on specimens collected during river bed cleanup activities in September 1997. This is the first confirmation of the presence of Zebra mussels in a Quebec tributary of the St. Lawrence River. Our results suggest that Zebra mussel colonization of the Richelieu River is associated with 1996 larval production in Lake Champlain. The presence of Zebra mussels in the Richelieu River may threaten the integrity of the river ecosystem, and represent a risk of the species propagating in southern Quebec. Control measures probably should be envisaged by the various agencies concerned to minimize the impact of Zebra mussel colonization.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier très sincèrement tous les bénévoles qui ont fourni une aide précieuse en cette journée du 14 septembre 1997 afin de rassembler tout le matériel biologique nécessaire aux fins de la présente étude. Nous sommes également très reconnaissants envers la direction du Conseil régional de l'environnement de la Montérégie (CREM) pour leur offre de collaboration et leur excellente organisation. Nous désirons souligner tout particulièrement l'enthousiasme, l'intérêt et le support de madame Sylvie Thorn, sans qui il nous aurait été impossible d'être aussi efficaces en si peu de temps. Merci à tous nos collègues, parents et amis qui ont fait preuve d'une grande générosité et grâce à qui nous avons pu être aussi présents en cette journée des plus enrichissantes. Nos remerciements vont aussi à Denis Labonté pour les mesures et l'identification phénotypique des Moules zébrées, ainsi qu'à madame Monique Simond pour la révision linguistique du document.

Résumé

Une étude réalisée par le Centre Saint-Laurent en 1996 ayant confirmé la présence de larves de Moules zébrées dans les eaux de la rivière Richelieu, l'évaluation de l'abondance et de la distribution des moules fixées a été effectuée à l'automne 1997 dans le cadre d'une activité de nettoyage du lit de la rivière, organisée par le Conseil régional de l'environnement de la Montérégie (CREM). L'étude visait à documenter la présence ainsi que la répartition spatiale des Moules zébrées dans la rivière Richelieu. Les travaux d'échantillonnage ont été effectués le 14 septembre 1997 et ont permis d'estimer les taux de colonisation à 12 sites de récolte répartis sur une distance d'environ 85 km entre Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix et Saint-Ours. Les résultats ont mis en évidence l'existence d'un gradient amont-aval de la colonisation et de la distribution des Moules zébrées dans la rivière Richelieu, caractérisé par une chute abrupte des niveaux de colonisation en aval du bassin de Chambly. Il s'agit de la première confirmation de la présence de Moules zébrées adultes dans un tributaire du fleuve Saint-Laurent en territoire québécois. La distribution de taille des moules récoltées indique que la majorité d'entre elles étaient âgées d'environ un an, donc issues de la production larvaire de 1996. Les résultats tendent à confirmer l'hypothèse que la colonisation de la rivière Richelieu est principalement associée à la dérive de larves provenant des populations génitrices du lac Champlain. La présence de Moules zébrées fixées sur les mulettes (moules indigènes) pourrait avoir un impact négatif sur l'intégrité de l'écosystème de la rivière Richelieu et devrait être examinée plus précisément dans le futur.

Abstract

A study conducted in 1996 by the St. Lawrence Centre of Environment Canada confirmed the presence of Zebra mussel larvae in the Richelieu River. In fall 1997, in conjunction with river bed cleanup activities of the Regional Environment Council of Monteregie (CREM), we carried out an assessment of attached Zebra mussels so as to document their abundance and spatial distribution in the Richelieu River. The rate of mussel colonization was estimated by sampling at 12 sites distributed over some 85 km between Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix and Saint-Ours on September 14, 1997. Our findings pointed to the existence of an upstream-downstream gradient of mussel colonization and distribution in the Richelieu River, characterized by the abrupt drop in colonization levels downstream of Chambly basin. This is the first confirmation of the presence of adult Zebra mussels in a Quebec tributary of the St. Lawrence River. The size distribution of the mussels sampled indicates that the majority of individuals are approximately one year of age, and were therefore issued during larval production in 1996. Our results tend to confirm the hypothesis that Zebra mussel colonization of the Richelieu River is primarily associated with larval drift from parent populations in Lake Champlain. The attachment of Zebra mussels to unionids may have a negative impact on the integrity of the Richelieu River ecosystem and should be the subject of a more thorough examination in the future.

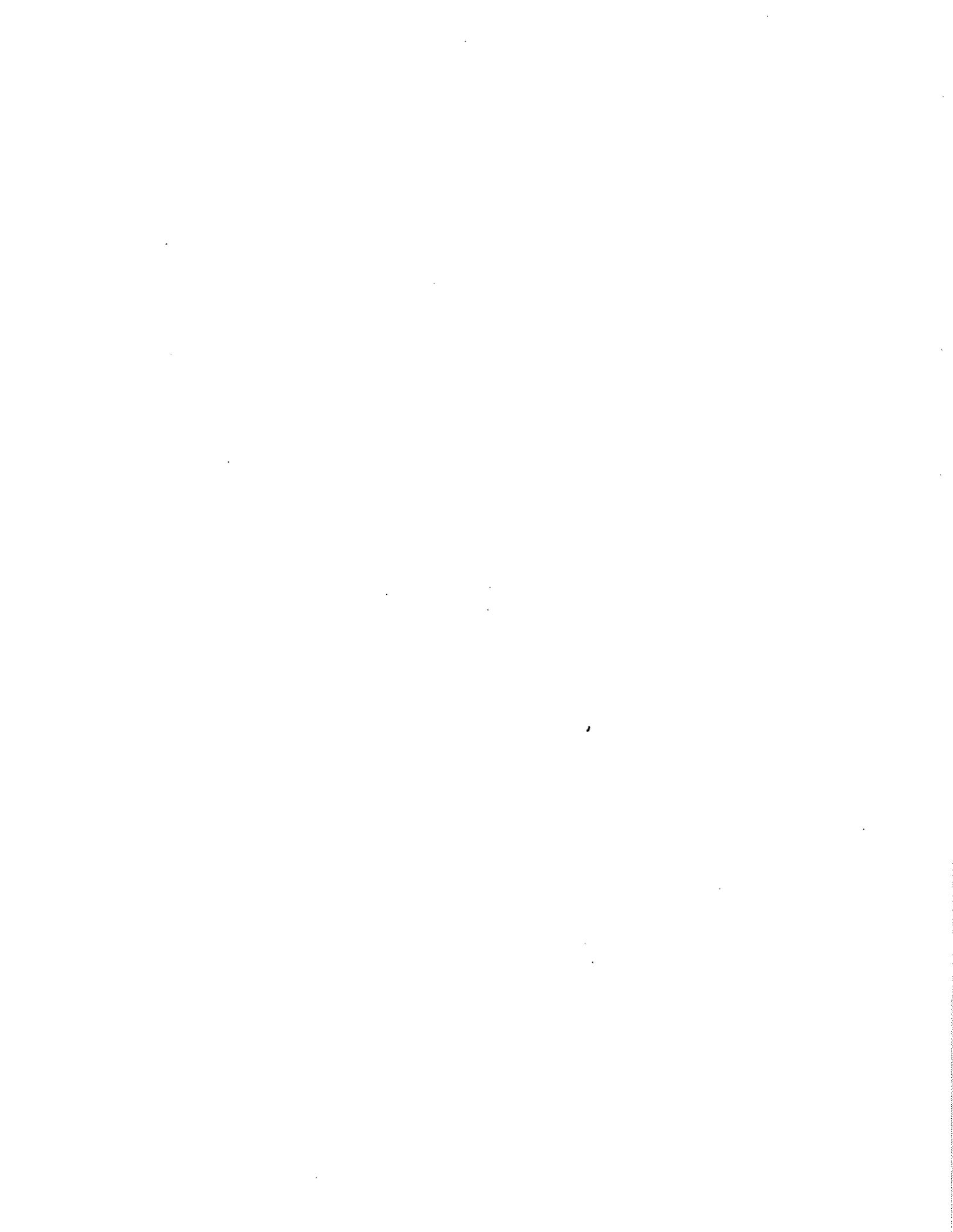


Table des matières

RÉSUMÉ	VI
ABSTRACT	VII
LISTE DES FIGURES	X
LISTE DES TABLEAUX	XI
1 INTRODUCTION	1
2 MATÉRIEL ET MÉTHODES	3
2.1 ÉCHANTILLONNAGE	3
2.2 ANALYSES EN LABORATOIRE	5
3 RÉSULTATS	7
3.1 RÉPARTITION SPATIALE	7
3.2 SUBSTRATS	9
3.3 TAILLE	12
3.4 COMPOSITION SPÉCIFIQUE ET STRUCTURE PHÉNOTYPIQUE	15
4 DISCUSSION	17
RÉFÉRENCES	21
ANNEXES	
1 Liste des participants au projet d'échantillonnage des Moules zébrées tenu dans le cadre de l'activité de nettoyage de la rivière Richelieu le 14 septembre 1997	24
2 Grille de prise de données relatives aux objets examinés dans le cadre du projet d'échantillonnage des Moules zébrées lors de l'activité de nettoyage de la rivière Richelieu le 14 septembre 1997	25
3 Nombre de mulettes vivantes et mortes récoltées à chaque station de la rivière Richelieu le 14 septembre 1997	26

Liste des figures

1	Localisation des stations échantillonnées dans la rivière Richelieu le 14 septembre 1997	4
2	Pourcentage de colonisation par les Moules zébrées à 12 stations de la rivière Richelieu en septembre 1997	8
3	Nombre moyen de Moules zébrées fixées aux mulettes (unionidés) et aux objets inertes à chaque station d'échantillonnage	8
4	Pourcentage de colonisation des Moules zébrées selon le type de substrat dans les secteurs amont et aval de la rivière Richelieu en septembre 1997	11
5	Distribution de fréquence de taille (longueur) des Moules zébrées récoltées dans la rivière Richelieu en septembre 1997	13
6	Relation entre la hauteur et la longueur des coquilles de Moules zébrées récoltées dans la rivière Richelieu en septembre 1997	14

Liste des tableaux

1	Numéro et identification des stations d'échantillonnage, nombre d'objets examinés et abondance des Moules zébrées récoltées le 14 septembre 1997	6
2	Pourcentage de colonisation et densités de Moules zébrées estimées par objet en fonction des différents types de substrats retrouvés dans les secteurs amont et aval de la rivière Richelieu	10
3	Relations empiriques entre la hauteur et la longueur des coquilles de Moules zébrées pour les populations de la rivière Richelieu en 1997 et du fleuve Saint-Laurent en 1991	15
4	Proportion des différents phénotypes observés dans les populations de Moules zébrées de la rivière Richelieu, du fleuve Saint-Laurent, du lac Érié et de différentes régions de l'ex-URSS	16

1 Introduction

Depuis 1989, année probable de leur introduction au Québec, les Moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) et quagga (*Dreissena bugensis*) n'avaient été observées que dans les eaux douces du fleuve Saint-Laurent. Suite à la découverte de Moules zébrées dans la partie sud du lac Champlain en 1993 (Kamman, 1994), les risques de colonisation de la rivière Richelieu se sont accrus. Une étude réalisée en 1996 avait confirmé la présence de larves véligères dans les eaux de cette rivière et concluait que ces dernières provenaient principalement du lac Champlain par dérive avec les masses d'eau (de Lafontaine et Cusson, 1997; Cusson et de Lafontaine, 1997). Jusqu'à tout récemment, seulement quelques observations anecdotiques et peu documentées de moules fixées avaient été rapportées pour la rivière Richelieu, et la répartition de même que l'abondance des Moules zébrées sur l'ensemble de cette rivière demeuraient mal connus. En ce qui concerne les Moules quagga, dont la présence dans le Saint-Laurent est établie, elles n'ont pas été observées dans le bassin du lac Champlain.

En septembre 1997, le Conseil régional de l'environnement de la Montérégie (CREM) organisait la quatrième activité de nettoyage du lit de la rivière Richelieu en collaboration avec plusieurs municipalités riveraines. La tenue de cet événement fournissait une excellente opportunité de confirmer la présence et d'évaluer le niveau de colonisation de cette rivière par les Moules zébrées. Grâce à la collaboration et au travail de plus de 270 plongeurs et bénévoles, plusieurs centaines d'objets ont été retirés de l'eau à une douzaine d'endroits le long de la rivière. Comme la disponibilité de substrats durs est un élément essentiel à la colonisation et à la présence des Moules zébrées, le retrait d'objets potentiellement colonisés offrait un moyen rapide et efficace d'obtenir une représentation synoptique de la répartition spatiale des moules. Sachant que la colonisation des Moules zébrées dans le lac Champlain s'est faite du sud vers le nord (Eliopoulos et Stangel, 1997), et considérant les différences amont-aval dans l'abondance des larves véligères dans la rivière Richelieu (de Lafontaine et Cusson, 1997; Cusson et de Lafontaine, 1997), nous avons voulu vérifier l'hypothèse d'un gradient spatial dans la distribution des Moules zébrées le long de la rivière.

Les principaux objectifs visés par cette étude étaient de 1) documenter la présence et la distribution spatiale des Moules zébrées dans la rivière Richelieu, 2) vérifier la composition spécifique (Moules zébrées vs Moules quagga) des spécimens récoltés, 3) déterminer la composition de taille dans le but de tracer l'historique de la colonisation, 4) vérifier les types de substrats préférentiels de fixation et 5) évaluer la relation Moules zébrées/mulettes (moules indigènes). Le but global était d'établir une évaluation qualitative plutôt que quantitative de la présence et de la distribution des Moules zébrées fixées dans la rivière Richelieu.

2 Matériel et méthodes

2.1 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage a été réalisé le 14 septembre 1997 dans le cadre de l'activité de nettoyage du lit de la rivière Richelieu. La majorité des objets (débris divers) retirés de l'eau par des plongeurs subaquatiques aux 12 stations réparties sur une distance d'environ 85 km entre Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix et Saint-Ours (figure 1, tableau 1) ont été examinés par des observateurs bénévoles (annexe 1) afin de vérifier la présence et l'abondance des Moules zébrées. Outre les débris, nous avons également demandé aux plongeurs de récolter des mulettes lorsque présentes. À certaines stations, la quantité d'objets ou de mulettes à examiner était si importante qu'il a été impossible de procéder à un examen exhaustif et détaillé de tout le matériel retiré. Les renseignements notés sur le formulaire d'observation préparé pour l'occasion (annexe 2) étaient la nature et l'état de l'objet examiné, ses dimensions approximatives (longueur, largeur, hauteur), le type ou la catégorie de substrat (verre, plastique, métal, bois, etc.), une évaluation de la surface colonisable (le pourcentage de surface de l'objet qui n'était pas enfoui dans les sédiments de fond de la rivière) de même que le nombre de Moules zébrées présentes sur l'objet. Lorsque les Moules zébrées étaient très nombreuses ou qu'il s'avérait impossible d'examiner l'objet en entier, un sous-échantillonnage était réalisé en examinant une partie de l'objet. Dans ce cas, le pourcentage de la surface effectivement échantillonnée a été évalué et noté. Lorsque présentes, les Moules zébrées étaient détachées et placées dans un sac de plastique identifié selon un code correspondant à la station et au numéro de l'objet examiné. Dans le cas des mulettes, seuls quelques spécimens (2 à 3) des différentes espèces ont été conservés pour chacune des stations. Les autres spécimens, une fois examinés, étaient placés dans un bassin rempli d'eau avant d'être redéposés au fond de la rivière par des plongeurs. Tous les échantillons ont été placés au réfrigérateur (4 °C) à la fin de la journée de récolte. Les Moules zébrées ont par la suite été congelées, alors que les mulettes ont été nettoyées et séchées ou conservées dans une solution d'éthanol dénaturé à 70 p.100 (v/v).

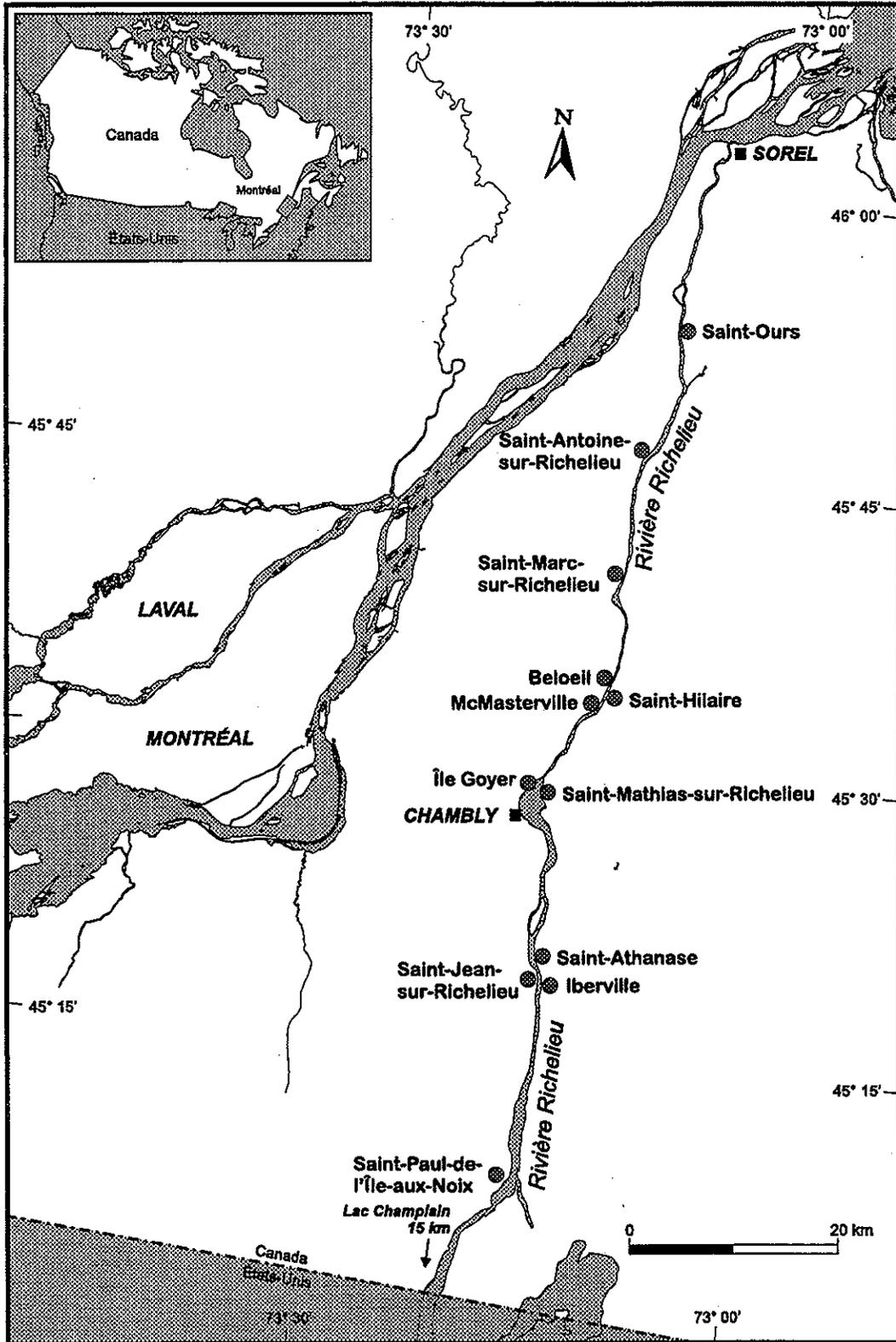


Figure 1 Localisation des stations échantillonnées dans la rivière Richelieu le 14 septembre 1997

2.2 ANALYSES EN LABORATOIRE

L'identification et le dénombrement des Moules zébrées dans tous les échantillons ont été réalisés en laboratoire. La distinction entre Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et Moule quagga (*Dreissena bugensis*) a été établie à partir des caractéristiques morphologiques (May et Marsden, 1992). La longueur, la largeur et la hauteur de la coquille de chaque moule, jusqu'à concurrence de 300 par station, ont été mesurées à l'aide d'un vernier numérique (0,01 mm). Le phénotype de chaque spécimen a également été déterminé à partir des descriptions fournies par Smirnova *et al.* (1993) et Marsden *et al.* (1996). Tous les spécimens sont conservés congelés au Centre Saint-Laurent.

Les objets récoltés et examinés ont d'abord été classés selon une vingtaine de substrats différents, puis regroupés en deux grandes catégories, soit les objets inertes et les mulettes (unionidés). Les objets inertes incluent 12 principaux types de substrats : verre, métal, plastique, caoutchouc, ciment, bois, tissu, fibre de verre, papier, matière organique, polypropylène et polystyrène. La catégorie des mulettes comporte aussi bien des spécimens vivants que morts étant donné que cette distinction n'a pas été notée à toutes les stations au moment de la récolte (annexe 3). Il faut souligner que la proportion relative de mulettes vivantes et mortes n'est fournie ici qu'à titre indicatif et ne peut être considérée représentative de la situation prévalant dans la rivière Richelieu, compte tenu que les consignes de récolte visaient plutôt une évaluation qualitative que quantitative.

Les données recueillies ont toutes été saisies sur fichier informatique (Microsoft Excel, version 7,0). Le traitement statistique a été réalisé à l'aide du pro-logiciel SAS et tous les tests ont été appliqués au seuil de probabilité de 0,05.

Tableau 1

Numéro et identification des stations d'échantillonnage, nombre d'objets examinés et abondance des Moules zébrées récoltées le 14 septembre 1997

Station	Municipalité	Site de récolte	Nombre d'objets examinés	Nombre d'objets colonisés	Nombre de Moules zébrées récoltées	Nombre moyen de moules par objet	Nombre moyen de moules par objet colonisé
1	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Marina	18	16	186	10,33	11,63
2	Saint-Jean-sur-Richelieu	Place du quai	145	92	1844	12,72	20,04
3	Iberville	Pont Gouin	81	72	1200	14,81	16,67
4	Saint-Athanase	Pont Marchand	180	60	139	0,77	2,32
5	Île Goyer	Marina	299	3	3	0,01	1,00
6	Saint-Mathias	Quai rue Monseigneur-Phaneuf	218	3	7	0,03	2,33
7	Mc Masterville	Descente de bateaux	289	1	1	0,003	1,00
8	Saint-Hilaire	Quai de l'église	183	0	0	0	
9	Beloeil	Quai fédéral	285	3	3	0,01	1,00
10	Saint-Marc-sur-Richelieu	Quai près de l'Auberge des Trois Tilleuls	77	5	5	0,06	1,00
11	Saint-Antoine-sur-Richelieu	Quai	227	2	12	0,05	6,00
12	Saint-Ours	Quai de la salle paroissiale	663	12	14	0,02	1,17

3 Résultats

3.1 RÉPARTITION SPATIALE

Au total, 2665 objets ont été examinés et 3414 Moules zébrées récoltées aux 12 stations d'échantillonnage. La présence de Moules zébrées a été confirmée à toutes les stations, sauf à celle de Saint-Hilaire (tableau 1). Le nombre de Moules zébrées excédait 100 aux quatre stations situées en amont du bassin de Chambly (stations 1 à 4) et dépassait 1000 spécimens à Saint-Jean-sur-Richelieu (1844) et Iberville (1200). Par contre, les effectifs étaient nettement moindres aux huit stations localisées en aval du bassin (stations 5 à 12): entre 0 et 14 moules. Globalement, 98,7 p.100 des Moules zébrées ont été récoltées aux quatre stations amont et seulement 1,3 p.100 des spécimens provenaient des huit stations aval. Comme le nombre d'objets examinés variait beaucoup entre les stations (de 18 à 663 objets - tableau 1), le pourcentage d'objets colonisés par les Moules zébrées a été calculé pour chaque station comme indice relatif de colonisation (figure 2). Par ailleurs, le nombre moyen de Moules zébrées fixées par objet examiné a été estimé à titre d'indice relatif d'abondance pour chaque station (figure 3). Ces deux indices confirment clairement la distribution non uniforme des Moules zébrées le long de la rivière Richelieu et l'existence d'un gradient amont-aval très prononcé.

Le pourcentage de colonisation aux quatre stations amont varie entre 33,3 p.100 et 88,9 p.100 alors qu'il ne dépasse pas 6,5 p.100 aux stations aval. Le nombre moyen de moules par objet est de 10 à 15 pour les trois stations les plus en amont (Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, Saint-Jean-sur-Richelieu et Iberville). L'indice d'abondance baisse à 0,77 à Saint-Athanase et chute en deçà de 0,10 aux huit stations en aval du bassin de Chambly.

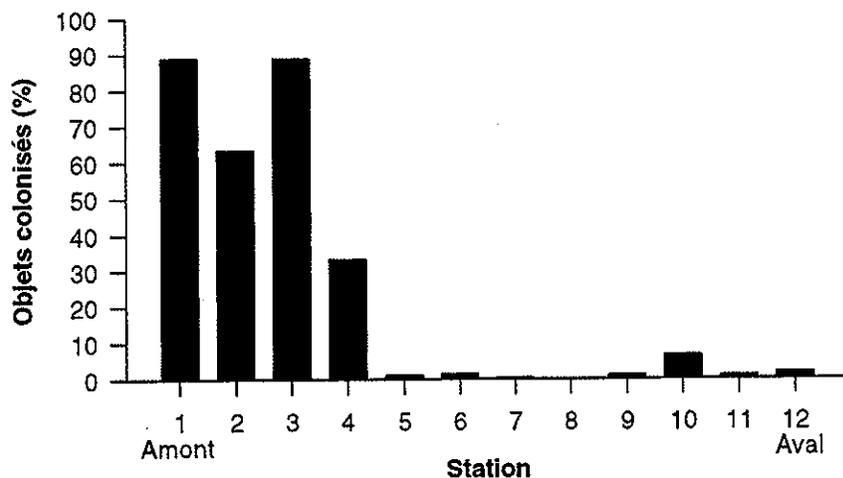


Figure 2 Pourcentage de colonisation par les Moules zébrées à 12 stations de la rivière Richelieu en septembre 1997

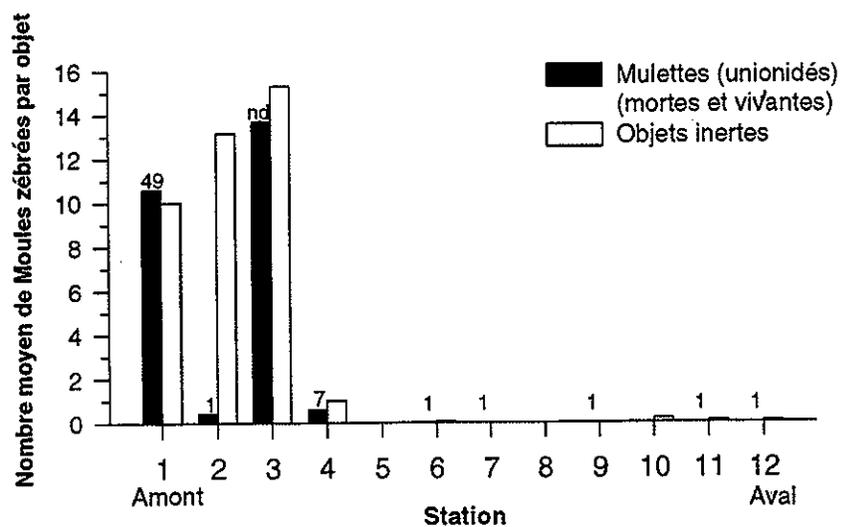


Figure 3 Nombre moyen de Moules zébrées fixées aux mulettes (unionidés) et aux objets inertes à chaque station d'échantillonnage. Le nombre maximum de Moules zébrées observées par mulette est indiqué au sommet des barres de l'histogramme.

3.2 SUBSTRATS

Les Moules zébrées étaient fixées sur une grande variété de substrats sans montrer de préférence significative pour un type de substrat donné (test du rapport de vraisemblance (« Likelihood ratio ») = 10,39, $p=0,17$) (figure 4). Cette tendance est similaire pour les secteurs amont et aval, et ce malgré les différences importantes dans l'abondance et les niveaux de colonisation entre les deux secteurs (tableau 2). Il est intéressant de noter que le bois s'est avéré un substrat fréquemment colonisé par les Moules zébrées, mais le nombre d'objets de cette catégorie est trop faible pour vérifier statistiquement ce plus fort niveau de colonisation. Le pourcentage de colonisation des Moules zébrées sur les mulettes (unionidés) est à toute fin pratique identique à celui observé sur les objets inertes (figure 4). Pour les quatre stations du secteur amont, l'indice d'abondance des Moules zébrées fixées sur des mulettes est également similaire à celui calculé pour les objets inertes (figure 3). Le maximum de Moules zébrées attachées à une mulette était de 49 (station 1); les valeurs moyennes ont varié de 0,5 à 14. Il importe ici de noter que ces résultats relatifs à la préférence de substrat sont uniquement fondés sur la présence ou l'absence des Moules zébrées sur les différents types de substrats et non pas sur leur abondance relative (nombre de moules par unité de surface). Pour une analyse plus exhaustive des substrats préférentiels, il faudrait procéder à des estimations d'abondance qui tiendraient compte de la surface potentiellement colonisable de chaque objet. Cette information n'ayant pas été complétée de façon systématique, il nous est apparu inutile de pousser plus loin notre analyse.

Tableau 2
Pourcentage de colonisation et densités de Moules zébrées estimées par objet en fonction des différents types de substrats
retrouvés dans les secteurs amont et aval de la rivière Richelieu

Substrats	Secteur amont (stations 1 à 4)				Secteur aval (stations 5 à 12)				Total			
	sans avec		Nombre de		sans avec		Nombre de		Moules zébrées % colonisés	Moules zébrées % colonisés	Moules zébrées par objet	
	Moules zébrées	Moules	Moules zébrées	Moules	Moules zébrées	Moules	Moules zébrées	Moules				
Mulettes (unionidés)	66	65	49,62	3,82	838	5	0,59	0,01	904	70	7,19	0,52
Verre	34	48	58,54	4,00	685	7	1,01	0,03	719	55	7,11	0,45
Métal	49	66	57,39	10,42	273	12	4,21	0,06	322	78	19,50	3,04
Plastique	19	28	59,57	16,85	171	2	1,16	0,02	190	30	13,64	3,61
Caoutchouc	3	8	72,73	17,18	94	2	2,08	0,02	97	10	9,35	1,79
Ciment	6	12	66,67	8,78	76	0	0	0	82	12	12,77	1,68
Bois	1	9	90,00	16,60	32	1	3,03	0,03	33	10	23,26	3,88
Tissu	3	3	50,00	6,00	26	0	0	0	29	3	9,38	1,13
Fibre de verre	0	0			10	0	0	0	10	0	0	0
Papier	3	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0
Matière organique	0	0			3	0	0	0	3	0	0	0
Polypropylène	0	1	100,00	1,00	1	0	0	0	1	1	50,00	0,50
Polystyrène	0	0			1	0	0	0	1	0	0	0
Objets inertes	118	175	59,73	9,79	1374	24	1,72	0,03	1492	199	11,77	1,72
Total	184	240	56,60	7,95	2212	29	1,29	0,02	2396	269	10,09	1,28

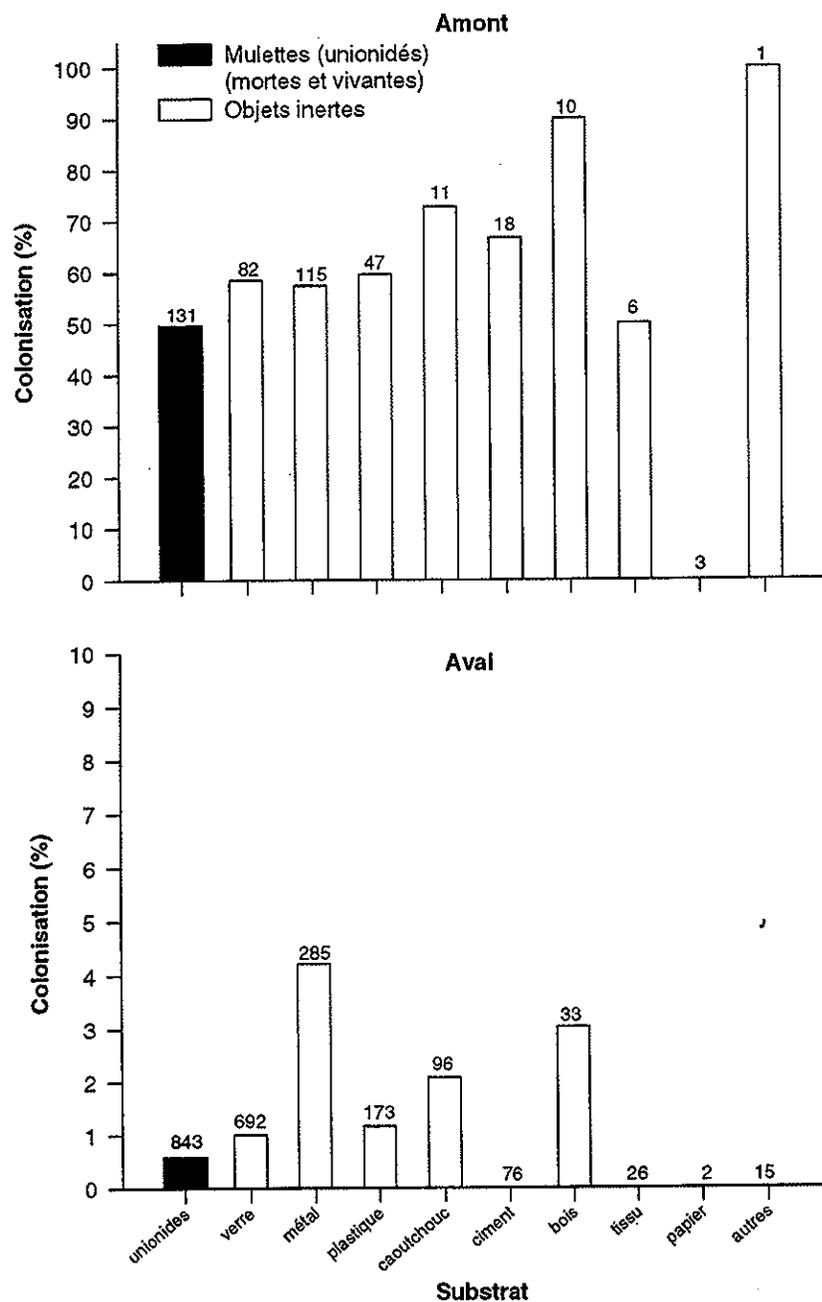


Figure 4 Pourcentage de colonisation des Moules zébrées selon le type de substrat dans les secteurs amont et aval de la rivière Richelieu en septembre 1997. Le chiffre au sommet de chaque barre de l'histogramme indique le nombre d'objets examinés par type de substrat.

3.3 TAILLE

La longueur des Moules zébrées mesurées varie entre 2,12 et 25,94 mm. La longueur moyenne des moules à chacune des quatre stations en amont du bassin de Chambly ainsi que pour l'ensemble des huit stations du secteur aval (regroupées à cause de leurs faibles effectifs) se situe entre 14,15 et 17,97 mm (figure 5). On note deux cohortes principales, soit les moules de moins de 7 mm correspondant à des moules juvéniles et nouvellement recrutées en 1997, et les moules de plus de 7 mm âgées d'un an et plus. Les moules d'environ un an (7 à 21 mm) dominaient (97,5 p.100) sur l'ensemble des stations et quelques spécimens mesurant plus de 21 mm pourraient être âgés de deux ans et plus, mais leur proportion relative est cependant très faible (1,2 p.100). Les moules de moins de 7 mm représentent 1,3 p.100 des spécimens récoltés. Compte tenu des conditions d'échantillonnage, du nombre d'observateurs et des difficultés à reconnaître et dénombrer les moules mesurant moins de trois ou quatre millimètres, il est probable que la présence du groupe juvénile ait été sous-évaluée.

La taille moyenne des moules (>7 mm) varie de façon significative entre les quatre stations localisées en amont du bassin de Chambly (ANOVA, $F=131,9$, $p<0,0001$; Kruskal-Wallis = 233,8, $p<0,0001$). Un test de comparaison multiple (test t de Bonferroni) a montré qu'en terme de taille les stations sont significativement différentes les unes des autres ($p<0,05$). La relation entre la longueur et la hauteur des coquilles de Moules zébrées pour l'ensemble des stations (figure 6) s'établit comme suit :

$$\ln(\text{hauteur}) = -0,400 + 0,924 \ln(\text{longueur}) \quad (r^2 = 0,937, p < 0,0001, n = 942)$$

Les résultats d'un modèle ANCOVA indiquent que la relation longueur-hauteur pour la station Iberville diffère significativement de celle des autres stations. À cet endroit, la hauteur des moules est proportionnellement plus élevée. La station Iberville est celle où les plus fortes densités de moules ont été mesurées (figure 3). Ceci pourrait suggérer un effet de la densité sur la morphologie et la croissance individuelle des moules. Bien que la croissance puisse dépendre de la densité chez les organismes aquatiques, aucune étude n'a à notre connaissance démontré ou étudié ce phénomène chez la Moule zébrée. La différence inter-sites observée dans notre étude, bien que significative, contribue cependant très peu à l'explication de la variance totale ($r^2 = 0,939$, soit un gain de 0,2 p.100 de la variance expliquée). Les paramètres de la relation hauteur-

longueur des Moules zébrées trouvées dans la rivière Richelieu sont très similaires à ceux établis pour les populations du fleuve Saint-Laurent en 1991 au début de la colonisation par les Moules zébrées (tableau 3).

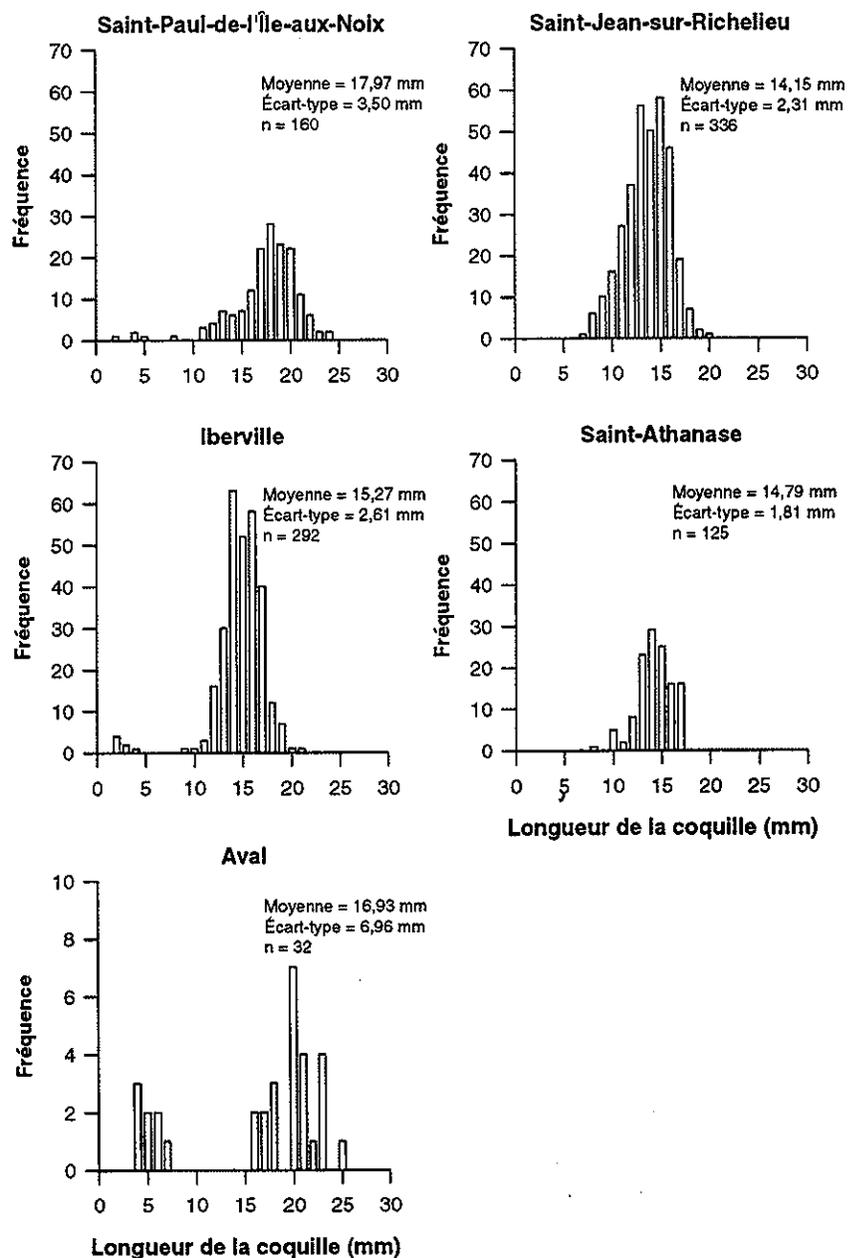


Figure 5 Distribution de fréquence de taille (longueur) des Moules zébrées récoltées dans la rivière Richelieu en septembre 1997

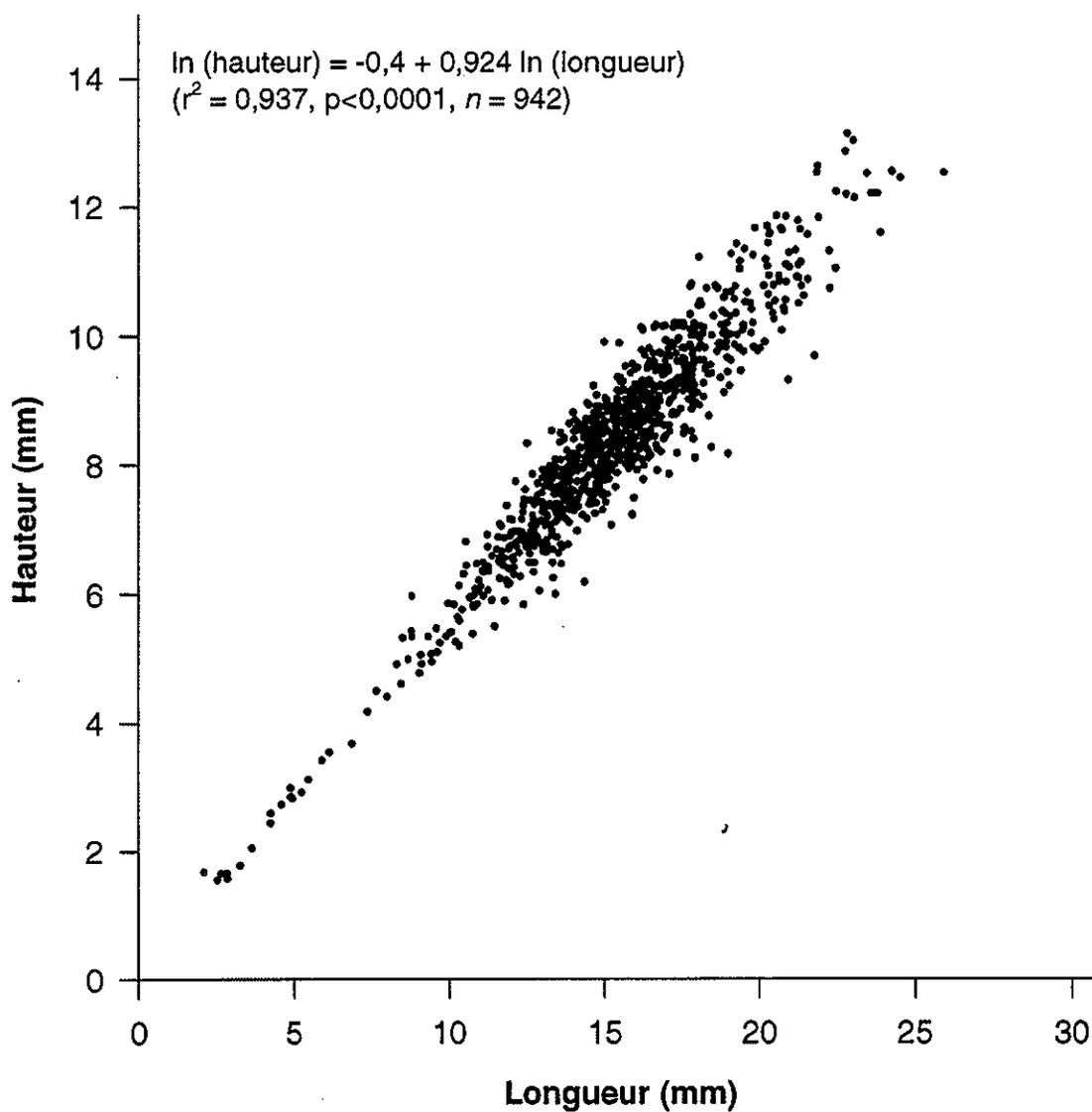


Figure 6 Relation entre la hauteur et la longueur des coquilles de Moules zébrées récoltées dans la rivière Richelieu en septembre 1997

Tableau 3
Relations empiriques entre la hauteur et la longueur des coquilles de Moules zébrées pour les populations de la rivière Richelieu en 1997 et du fleuve Saint-Laurent en 1991

Cours d'eau	Année	n	Relation	r ²	Hauteur prédite à longueur=15 mm
Saint-Laurent*	1991	664	$\ln(\text{hauteur}) = -0,326 + 0,897 \ln(\text{longueur})$	0,96	8,19
Richelieu	1997	942	$\ln(\text{hauteur}) = -0,400 + 0,924 \ln(\text{longueur})$	0,94	8,18

* Tiré de Lapierre *et al.*, 1994.

3.4 COMPOSITION SPÉCIFIQUE ET STRUCTURE PHÉNOTYPIQUE

Tous les spécimens récoltés dans la rivière Richelieu sont des Moules zébrées (*Dreissena polymorpha*); aucune Moule quagga n'a été identifiée dans les échantillons. Sur les six phénotypes observés pour l'ensemble des stations, le phénotype CC domine largement (77,3 p.100), suivi du phénotype AA (17,2 p.100). Les quatre autres phénotypes représentent moins de 3,5 p.100 des effectifs. Les proportions relatives des phénotypes pour la rivière Richelieu diffèrent (test du rapport de vraisemblance (« Likelihood ratio ») = 131,8, p<0,001) de celles rapportées à un site du Saint-Laurent en 1993 (Lapierre et de Lafontaine, 1996) mais sont assez proches de celles calculées pour les populations de moules de la région Ponto-Caspienne et de Russie centrale (tableau 4).

Tableau 4
Proportion des différents phénotypes observés dans les populations de
Moules zébrées de la rivière Richelieu, du fleuve Saint-Laurent, du lac Érié et de différentes
régions de l'ex-URSS

Région	n	Phénotype					
		AA	CC	DD	MM	OO	RR
Rivière Richelieu	969	0,172	0,773	0,013	0,001	0,033	0,008
Fleuve Saint-Laurent*	341	0,267	0,508	0	0	0,210	0,015
Lac Érié**		0,120	0,380	0,03	0,190	0,170	0,110
Région Ponto-Caspienne**		0,094	0,814	0,022	0,006	0,056	0,008
Russie centrale**		0,170	0,708	0	0,010	0,110	0,002
Mer Baltique**		0,080	0,899	0	0,001	0,015	0,005

* Tiré de Lapierre et de Lafontaine, 1996.

** Tiré de Smirnova *et al.*, 1993.

4 Discussion

L'opportunité de collaborer avec le CREM pour un échantillonnage synoptique sur la majeure partie du parcours de la rivière Richelieu a permis de confirmer de façon non équivoque la présence des Moules zébrées dans ce cours d'eau. Ces observations viennent s'ajouter aux évidences quant à la présence de larves véligères de Moules zébrées à deux sites de la rivière Richelieu au cours de l'été 1996 (de Lafontaine et Cusson, 1997; Cusson et de Lafontaine, 1997). Seule l'espèce Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) était présente. Il semble que la Moule quagga n'ait pas encore été introduite dans cette rivière. Cette situation diffère de celle rapportée pour le bassin Grands Lacs - Saint-Laurent où la proportion de Moules quagga (*Dreissena bugensis*) peut atteindre 11 p.100 dans le Saint-Laurent (Y. de Lafontaine, en préparation) et même dépasser 50 p.100 dans les Grands Lacs (lac Érié - Dermott et Munawar, 1993; Mills *et al.*, 1993; Mitchell *et al.*, 1996). En corollaire, les résultats obtenus supportent l'hypothèse que la population larvaire de Moules zébrées échantillonnée dans la rivière Richelieu en 1996 (de Lafontaine et Cusson, 1997; Cusson et de Lafontaine, 1997) était monospécifique et composée de *Dreissena polymorpha* uniquement.

La structure phénotypique des moules recueillies dans la rivière Richelieu est apparue quelque peu différente de celle rapportée pour le fleuve Saint-Laurent et le lac Érié. On ignore les raisons pouvant expliquer cette différence. Selon de Lafontaine et Cusson (1997), la présence de larves de Moules zébrées dans la rivière Richelieu en 1996 serait associée à la dérive d'organismes avec les masses d'eau provenant du lac Champlain. À cet égard, il serait souhaitable de comparer la structure phénotypique (voire génotypique) des Moules zébrées présentes dans la rivière Richelieu à celle de différentes stations du lac Champlain et du Saint-Laurent afin de vérifier l'hypothèse de l'existence de populations différentes entre les deux bassins hydrographiques. Ceci permettrait d'évaluer les influences environnementales et génétiques sur la morphologie et la structure phénotypique des Moules zébrées.

La distribution spatiale des Moules zébrées le long de la rivière Richelieu en septembre 1997 était non uniforme et caractérisée par un gradient marqué entre l'amont et l'aval du bassin de Chambly. Cette situation s'apparente aux observations de distribution larvaire des Moules

zébrées au cours de l'été 1996 où les densités de larves véligères à un site en amont (Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix) étaient près de 100 fois supérieures à celles mesurées à un site situé 85 km plus en aval (Saint-Ours) (de Lafontaine et Cusson 1997; Cusson et de Lafontaine, 1997). Étant donné que la structure de taille des Moules fixées (figure 5) révèle une prédominance d'individus d'environ un an et donc issus de la production larvaire de 1996, nous concluons que la distribution spatiale des Moules zébrées observée en septembre 1997 est le résultat direct de la distribution des larves au cours de l'été 1996. Le secteur en amont du bassin de Chambly aurait donc été plus fortement colonisé que le secteur aval, en raison de densités larvaires plus élevées. Ceci supporte nos conclusions préalables à l'effet que la colonisation de la rivière Richelieu par les Moules zébrées est encore à la phase initiale et qu'elle est principalement fonction de la distribution larvaire sur l'ensemble du cours d'eau (de Lafontaine et Cusson, 1997; Cusson et de Lafontaine, 1997). Un phénomène similaire a été rapporté pour les rivières Hudson et Illinois où la colonisation par les Moules zébrées s'est opérée graduellement selon une progression amont-aval, en partie à cause de la dérive de larves issues de populations localisées plus en amont (Strayer *et al.*, 1996 ; Stoeckel *et al.*, 1997). Le processus de colonisation de la rivière Richelieu s'apparente au modèle « vers l'aval par étape » (« downstream march ») défini par Horvath *et al.* (1996).

L'influence du bassin de Chambly semble avoir été déterminante sur la répartition spatiale des Moules zébrées dans la rivière Richelieu en 1997. Contrairement aux secteurs d'eaux vives situés en amont et en aval, le bassin de Chambly correspond à une zone plus lacustre avec des vitesses de courant réduites pouvant favoriser la rétention des larves et leur sédimentation. Ceci contribuerait à produire le fort gradient amont-aval du niveau de colonisation. D'autres études ont suggéré que les zones de faible courant (lacs, baies, etc.) seraient plus propices à la colonisation et pourraient supporter des abondances plus fortes de Moules zébrées que les secteurs de fort courant (Kern *et al.*, 1994; Horvath *et al.*, 1996). Selon Borcharding *et al.* (1992), la présence de lacs, de bassins et d'autres zones lacustres s'avérerait essentielle au recrutement et au maintien de fortes populations de Moules zébrées dans les rivières et fleuves. Aucun site de récolte n'a pu être localisé dans le bassin de Chambly pour la présente étude et il serait hautement souhaitable d'obtenir des données pour ce secteur dans l'avenir. Par contre, il importe de rappeler que la situation actuelle correspond à la phase initiale de colonisation. On

peut donc présumer que la distribution spatiale des Moules zébrées dans la rivière Richelieu deviendra éventuellement plus uniforme et que le gradient amont-aval s'atténuera. La vérification de cette hypothèse nécessitera de procéder à un échantillonnage similaire au cours des prochaines années.

Bien que des efforts aient été déployés afin d'évaluer quantitativement l'état de la colonisation de la rivière Richelieu par les Moules zébrées, les résultats obtenus ne permettent pas de préciser les niveaux de densités par unité de surface (m^2). Il est donc impossible de comparer les densités observées avec celles rapportées dans la littérature. Pour ces mêmes raisons, l'analyse quantitative de substrats préférentiels n'a pu être réalisée et devra être reprise plus en détails dans le futur. Même si le pourcentage de colonisation et le nombre moyen de Moules zébrées par objet soient pratiquement identiques sur les objets inertes et sur les mulettes, tout laisse croire que ces dernières représentent un substrat plus fortement colonisé compte tenu des dimensions et des superficies colonisables relativement plus petites pour les unionidés. Plusieurs études font d'ailleurs état des forts niveaux de colonisation des mulettes par les Moules zébrées dans les Grands Lacs et le Saint-Laurent (Gillis et Mackie, 1994; Schloesser et Nalepa, 1994; Nalepa, 1994; Schloesser *et al.*, 1996; Ricciardi *et al.*, 1996). L'impact de cette colonisation est jugé hautement négatif et peut entraîner la mort des unionidés, voire leur extinction à long terme. Ricciardi *et al.* (1996) ont montré que le nombre de Moules zébrées fixées sur des mulettes peut atteindre 134 Moules zébrées par unionidé dans le Saint-Laurent. Au-delà de 100 Moules zébrées par mulette, ces dernières n'auraient pratiquement aucune chance de survie (Ricciardi *et al.*, 1995). Toutefois, des déclin significatifs dans l'abondance des mulettes seraient notés à un niveau de colonisation (infestation) de 10 Moules zébrées par mulette (Ricciardi *et al.*, 1996). Dans la rivière Richelieu, le nombre maximal de Moules zébrées observées sur une mulette était de 49 (station 1) alors que le nombre moyen pour une station atteignait presque 14 par mulette (station 3, figure 3). Cette estimation est jugée minimale puisqu'elle est calculée à partir du nombre total de mulettes vivantes et mortes, cette distinction n'ayant pas été notée à tous les sites. Par ailleurs, elle est jugée encore relativement faible par rapport aux observations faites dans d'autres plans d'eau (Ricciardi *et al.*, 1996; Schloesser *et al.*, 1996). En considérant que la colonisation de la rivière Richelieu débute à peine, de tels résultats indiquent tout de même une situation assez préoccupante en ce qui concerne l'impact futur de l'introduction des Moules

zébrées sur l'abondance et la diversité des moulettes de la rivière Richelieu, reconnue pour sa richesse d'unionidés. Une étude plus spécifique portant sur le lien Moules zébrées/moulettes devrait être entreprise afin de mieux caractériser la composition spécifique, l'abondance et la distribution des principales espèces d'unionidés dans cette rivière.

En conclusion, l'étude a montré que les Moules zébrées sont présentes tout le long de la rivière Richelieu et qu'elles peuvent se fixer sur une très grande variété d'objets de diverse nature. L'activité de nettoyage du lit de la rivière supervisée par le CREM a mis en lumière l'importante quantité de débris d'origine anthropique rejetés à l'eau au fil des années. Ces objets peuvent servir de substrats privilégiés de colonisation, favorisant ainsi la prolifération des Moules zébrées dans les cours d'eau du Québec. Le retrait de tels substrats de la rivière Richelieu permet sûrement de limiter la croissance des populations de Moules zébrées fixées dans ce cours d'eau. Outre les effets néfastes des Moules zébrées au plan socio-économique (colmatage éventuel de prises d'eau, recouvrement d'infrastructures immergées, nettoyage des coques de navires, moteurs et installations sub-aquatiques, etc.), les Moules zébrées pourraient également engendrer d'importants bouleversements de l'écosystème de la rivière Richelieu, notamment en altérant la biodiversité benthique et plus particulièrement celle des moulettes.

Références

- Borcherding, J. et E.D. De Ruyter van Steveninck (1992). « Abundance and growth of *Dreissena polymorpha* larvae in the water column of the river Rhine during downstream transportation », dans D. Neumann et H.A. Jenner (éd.), *The Zebra mussel Dreissena polymorpha*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Allemagne, pp. 29-44.
- Cusson, B. et Y. de Lafontaine (1997). *Présence et abondance des larves de Moules zébrées dans la rivière Richelieu et le Saint-Laurent en 1996*. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-143, 58 p.
- de Lafontaine, Y. et B. Cusson (1997). « Veligers of Zebra Mussels in the Richelieu River : An Intrusion from Lake Champlain ? », *Proceedings of the Second Northeast Conference on Nonindigenous Aquatic Nuisance Species*, 18-19 avril 1997, Burlington, Vermont.
- Dermott, R. et M. Munawar (1993). « Invasion of Lake Erie Offshore Sediments by *Dreissena*, and Its Ecological Implications ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50 : 2298-2304.
- Eliopoulos, C. et P. Stangel (1997). *Lake Champlain 1996 Zebra Mussel Monitoring Program*. Vermont Department of Environmental Conservation, Waterbury, Vermont, 42 p.
- Gillis, P.L. et G.L. Mackie (1994). « Impact of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, on populations of Unionidae (Bivalvia) in Lake St. Clair ». *Can. J. Zool.*, 72 : 1260-1271.
- Horvath, T.G., G.A. Lamberti, D.M. Lodge et W.L. Perry (1996). « Zebra Mussel dispersal in lake-stream systems : source-sink dynamics? ». *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 15 : 564-575.
- Kamman, N. (1994). *Lake Champlain Long-term Water-quality and Biological Monitoring Project: Zebra Mussel Monitoring Component*. Vermont Department of Environmental Conservation, Waterbury, Vermont. 18 p.
- Kern, R., J. Borcherding et D. Neumann (1994). « Recruitment of a freshwater mussel with a planktonic life-stage in running waters - Studies on *Dreissena polymorpha* in the River Rhine ». *Arch. Hydrobiol.*, 131 : 385-400.
- Lapierre, L. et Y. de Lafontaine (1996). *Colonisation de l'épave du Lady Sherbrooke par les Moules zébrées*. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique ST-48, 17 p.
- Lapierre, L., J. Fontaine, B. Cusson et C. Ménard (1994). *Distribution spatiale des larves et stades fixés de la Moule zébrée, Dreissena polymorpha, dans le Saint-Laurent au cours de 1991*. Environnement Canada - Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, 66 p.

- Marsden, J.E., A.P. Spidle et B. May (1996). « Review of Genetic Studies of *Dreissena* spp. ». *Amer. Zool.*, 36 : 259-270.
- May, B. et J.E. Marsden (1992). « Genetic identification and implications of another invasive species of dreissenid mussel in the Great Lakes ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49 : 1501-1506.
- Mills, E.L., R.M. Dermott, E.F. Roseman, D. Dustin, E. Mellina, D.B. Conn et A.P. Spidle (1993). « Colonization, ecology, and population structure of the Quagga mussel (*Bivalvia* : *Dreissenidae*) in the lower Great Lakes ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50 : 2305-2314.
- Mitchell, J.S., R.C. Bailey et R.W. Knapton (1996). « Abundance of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis* in a warmwater plume : effects of depth and temperature ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53 : 1705-1712.
- Nalepa, T.F. (1994). « Decline of native bivalves (*Unionidae*: *Bivalvia*) in Lake St.Clair after infestation by the zebra mussels *Dreissena polymorpha* ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51 : 2227-2233.
- Ricciardi, A., F.G. Whoriskey et J.B. Rasmussen (1996). « Impact of the *Dreissena* invasion on native unionid bivalves in the upper St.Lawrence River ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53 : 685-695.
- Ricciardi, A., F.G. Whoriskey et J.B. Rasmussen (1995). « Predicting the intensity and impact of *Dreissena* infestation on native unionid bivalves from *Dreissena* field density ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52 : 1449-1461.
- Schloesser, D.W. et T.F. Nalepa (1994). « Dramatic decline of Unionid bivalves in offshore waters of western Lake Erie after the invasion by the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51 : 2234-2242.
- Schloesser, D.W., T.F. Nalepa et G.L. Mackie (1996). « Zebra Mussel Infestation of Unionid Bivalves (*Unionidae*) in North America ». *Amer. Zool.*, 36 : 300-310.
- Smirnova, N.F., G.I. Biochino et G.A. Vinogradov (1993). « Some Aspects of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the former European USSR with Morphological Comparisons to Lake Erie », dans T.F. Nalepa et D.W. Schloesser (éd.), *Zebra Mussels: Biology, Impacts and Control*. Lewis Publ., Boca Raton, Fl., USA, pp. 217-226.
- Strayer, D.L., J. Powell, P. Ambrose, L.C. Smith, M.L. Pace et D.T. Fischer (1996). « Arrival, spread, and early dynamics of a Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) population in the Hudson River estuary ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53 : 1143-1149.
- Stoeckel, J.A., D.W. Schneider, L.A. Soeken, K.D. Blodgett et R.E. Sparks (1997). « Larval dynamics of a riverine metapopulation: implications for zebra mussel recruitment, dispersal, and control in a large-river system ». *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16 : 586-601.

Annexes

1 Liste des participants au projet d'échantillonnage des Moules zébrées tenu dans le cadre de l'activité de nettoyage de la rivière Richelieu le 14 septembre 1997

Région	Chef d'équipe	Station	Responsables	
1	Michel Arseneau	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	Michel Arseneau	Nancy Lemoine
		Saint-Jean-sur-Richelieu	Sophie Lalonde	Philippe Lalonde
		Iberville	Aline Sylvestre	Bernadette Quémerais
		Saint-Athanase		
2	Brigitte Cusson	Île Goyer	Natalia Juhasz	Thérèse Baribeau
		Saint-Mathias	Alex Martin	Quentin van Ginhoven
3	Yves de Lafontaine	Mc Masterville	Yves de Lafontaine	
		Saint-Hilaire	Thao Pham	
		Beloeil	Lucie Olivier	Francine Fleury
4	Denis Labonté	Saint-Marc-sur-Richelieu	Jean Olivier	
		Saint-Antoine-sur-Richelieu	Denis Labonté	
		Saint-Ours	Alain Kemp	France Boily

3 Nombre de mulettes vivantes et mortes récoltées à chaque station de la rivière Richelieu le 14 septembre 1997

Station	Municipalité	Mulettes		Total
		Vivantes	Mortes	
1	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix			10
2	Saint-Jean-sur-Richelieu	4	1	5
3	Iberville	20	5	25
4	Saint-Athanase			91
5	Île Goyer	111	24	135
6	Saint-Mathias	83	15	98
7	Mc Masterville	77	108	185
8	Saint-Hilaire	21	21	42
9	Beloeil	36	36	72
10	Saint-Marc-sur-Richelieu			50
11	Saint-Antoine-sur-Richelieu	60	37	97
12	Saint-Ours	56	108	164
				974