

CENTRE SAINT-LAURENT

PRÉSENCE DE LA MOULE ZÉBRÉE DANS LE SAINT-LAURENT : À SUIVRE...

**LE FLEUVE SAINT-LAURENT EST-IL UN MILIEU FAVORABLE À CETTE ESPÈCE EXOTIQUE ?
SERONS-NOUS CONFRONTÉS À UN PROBLÈME MAJEUR AVEC CETTE NOUVELLE VENUE ?**

CES DEUX QUESTIONS SONT AU CŒUR DU PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE SUIVI DE LA MOULE ZÉBRÉE DEPUIS SON INTRODUCTION DANS LE FLEUVE SAINT-LAURENT. UNE ÉQUIPE DE CHERCHEURS DU CENTRE SAINT-LAURENT D'ENVIRONNEMENT CANADA A TENTÉ D'Y RÉPONDRE ET PRÉSENTE UN PREMIER CONSTAT GÉNÉRAL.

Une petite moule envahissante

Des dizaines, voire des centaines, de milliers d'individus au mètre carré et une extraordinaire capacité d'envahir les habitats aquatiques : voilà la Moule zébrée ! Originnaire d'Europe, ce petit mollusque d'eau douce (photo ci-contre) a été introduit accidentellement (par la vidange des eaux de ballast) dans les Grands Lacs en 1986 où il atteint les 300 000 individus/m² par endroit ⁽¹⁾. Trois ans plus tard, sa présence est confirmée dans le couloir fluvial du Saint-Laurent, ce qui représente la distribution la plus nordique pour cette moule. Elle se répand alors jusqu'aux îles de Montmagny où la salinité des eaux constitue une barrière naturelle à son expansion vers l'aval. Parallèlement, les scientifiques du Centre Saint-Laurent (CSL) confirment sa présence en 1996 dans la



PHOTO : B. CUSSON ET D. LABONTÉ

rivière Richelieu, à la fois un tributaire du fleuve et l'exutoire nord du lac Champlain qui communique avec les Grands Lacs ⁽²⁾.

Trainant avec elle une réputation d'espèce nuisible, la Moule zébrée inquiète, car les problèmes qu'elle engendre sont sérieux : colmatage des canalisations (prises d'eau, pipelines, tunnels), corrosion des coques de navires,



Environnement
Canada

Environment
Canada

recouvrement d'épaves, pertes d'habitats et modifications profondes de la structure et du fonctionnement des écosystèmes. Malheureusement, les solutions à ces problèmes sont rares et pas vraiment au point, si bien que l'impact de la Moule zébrée se chiffre en millions de dollars annuellement, notamment dans les opérations de nettoyage et les mesures de contrôle (3). Rien d'étonnant donc à ce que les chercheurs du CSL s'intéressent de près à cette espèce exotique envahissante.

L'abondance en progression

Pour répondre aux questions posées en en-tête, les chercheurs du CSL ont analysé l'abondance et la dynamique de dispersion et de colonisation de la Moule zébrée dans le fleuve. Les mesures de densité de Moules zébrées dans le fleuve (tableau 1), incluant toutes les classes d'âges, concordent avec celles rapportées dans la littérature scientifique. Ainsi, des densités moyennes variant de 1500 à 4000 individus/m² ont été observées entre 1994 et 1995 dans le Saint-Laurent (4), avec un maximum d'environ 20 000 individus/m² dans le canal de Soulanges (5). Nos données montrent aussi cette gamme de valeurs, avec un maximum de 20 620 moules/m² à la marina Bassin Louise en 1992, et mettent en évidence la progression de l'abondance dans le temps, très marquée à certaines stations (Beauharnois, Bécancour, île d'Orléans).

Peut-on s'attendre à une augmentation soutenue des populations de Moules zébrées dans le fleuve jusqu'à des densités aussi fortes que celles observées dans les Grands Lacs ? Si l'on considère : a) qu'il y a maintenant 10 ans que la Moule zébrée est apparue dans le fleuve, b) que les densités de populations se

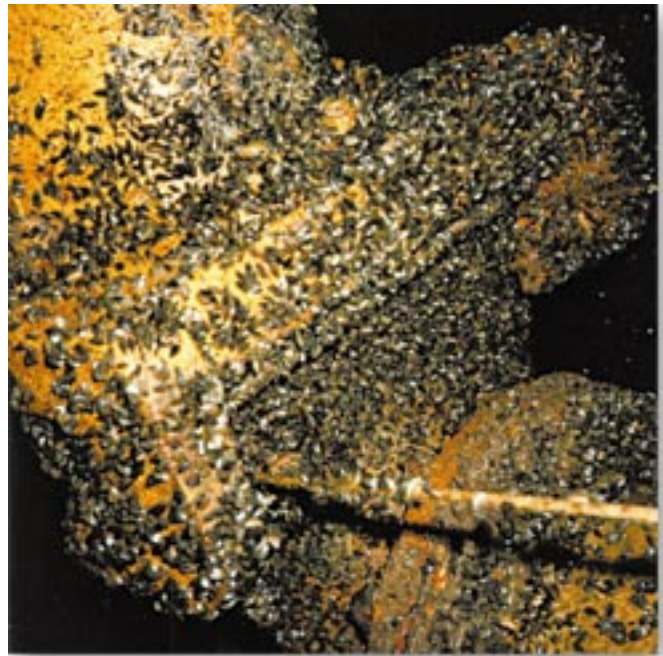


PHOTO : B. CUSSON

UNE CANALISATION SOUS-MARINE INFESTÉE DE MOULES ZÉBRÉES À LA HAUTEUR DE MONTRÉAL (QUÉBEC) DANS LE SAINT-LAURENT.

situent à des niveaux comparables à celles d'autres espèces dans le fleuve, par exemple le gastéropode *Bithynia tentaculata*, une autre espèce introduite il y a plus de cent ans (6, 7), et c) que la Moule zébrée peut atteindre les 100 000 individus/m² en moins de cinq ans après son implantation dans un milieu favorable, comme dans le cas des Grands Lacs (1), force est de constater que le fleuve Saint-Laurent, à l'exception de certains habitats, ne constitue pas le milieu le plus favorable à la Moule zébrée. On peut donc raisonnablement présumer que la Moule zébrée ne se développera pas dans le Saint-Laurent avec autant de facilité que dans les Grands Lacs.

Tableau 1 Abondance de Moules zébrées sur les roches et murets à différents sites dans le fleuve Saint-Laurent entre 1991 et 1998

STATIONS	1991	1992	1996	1998
Cornwall	0		841	
South Lancaster		41	110	
Beauharnois	9	22	1 131	
Pointe à Péladeau	0	805		
Boucherville	1		21	
Tracy	6		173	
Île Lapierre	1		4	
Île aux Sternes	0		3	
Port de Bécancour	18	1 631	10 035	
Portneuf	0		14	34
Bassin Louise (Québec)		20 620	2 486	9 512
Quai de Lévis	6		224	157
Île d'Orléans		287	454	1 091

Remarque. – Chaque valeur représente la moyenne du nombre de moules au mètre carré, calculée sur 9 à 12 quadrats d'étude aux diverses stations (voir leur localisation sur la carte).

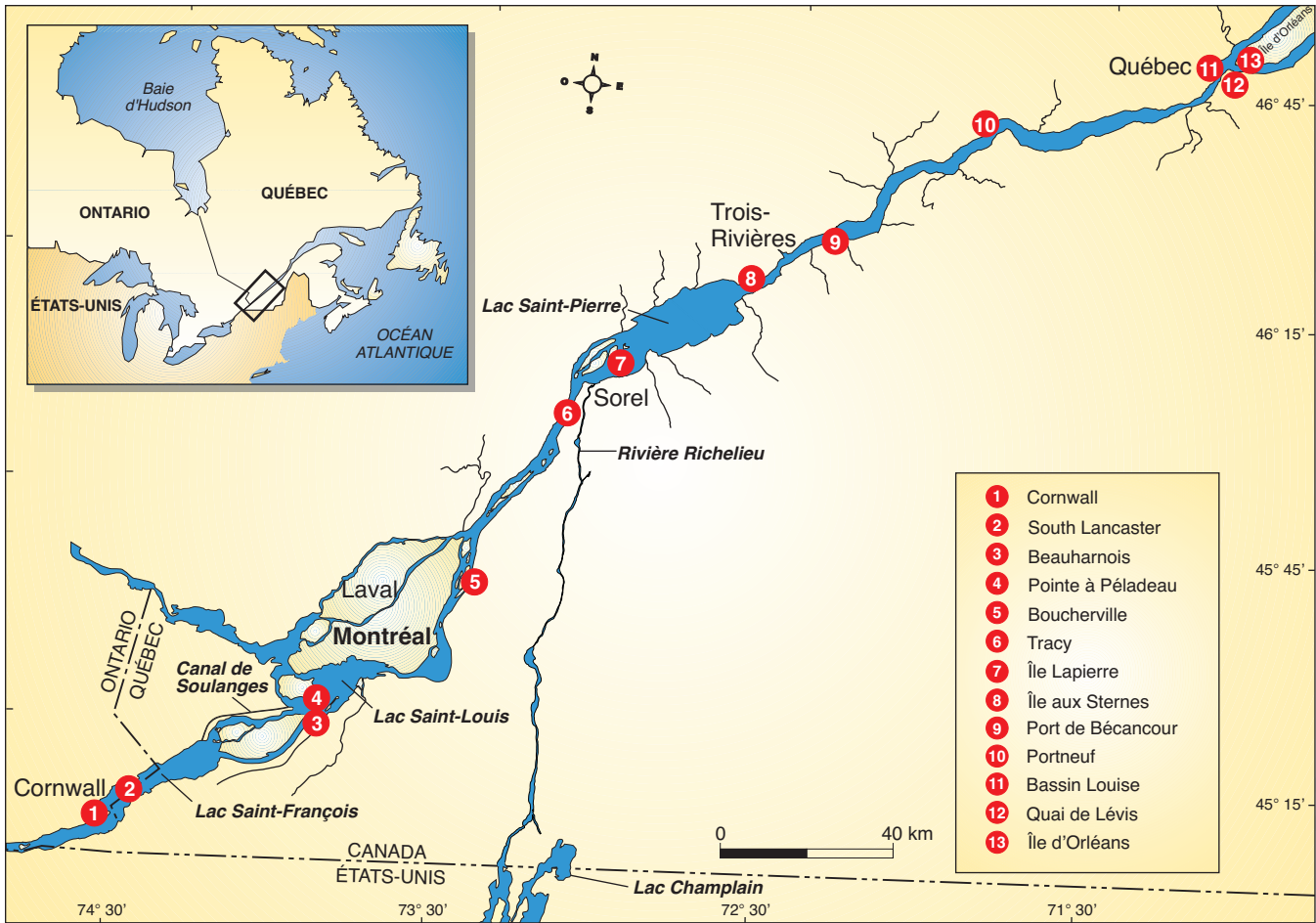


Figure 1 Portion fluviale d'eau douce du Saint-Laurent

Comprendre la Moule zébrée pour mieux la surveiller

Les débuts de la vie à la dérive

Une femelle peut pondre de 30 000 à 40 000 œufs par année et donc produire une quantité importante de larves. Avec une telle production, la fertilisation des œufs et le développement larvaire de la Moule zébrée sont nécessairement externes, c'est-à-dire qu'ils se font en eau libre. Dès l'éclosion, la larve de la Moule zébrée va dériver au gré des courants pour une période variant de 7 à 21 jours au cours de laquelle elle subira plusieurs métamorphoses avant de se fixer à un substrat dur. Quatre stades de développement larvaire peuvent être identifiés :

- le stade D, qui correspond aux larves munies d'une fine coquille sans ornementation;
- le stade Umbonale, où apparaissent les premiers motifs ornementaux sur la coquille plus dure;
- le stade Pédivéligère, qui correspond à l'apparition du pied à fonction natatoire;
- le stade Plantigrade, où la larve sécrète, à l'instar des moules marines, un réseau de filaments (le byssus) pour se fixer au substrat.

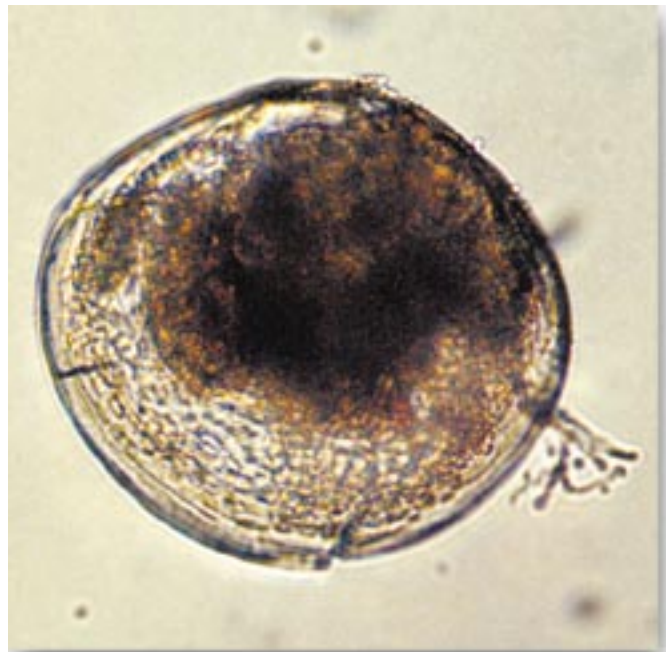


PHOTO : F. DELISLE

LE STADE UMBONALE D'UNE LARVE DE MOULE ZÉBRÉE. LA PRÉSENCE DES DEUX PREMIERS STADES À UNE STATION DONNÉE CONFIRME QU'IL Y A REPRODUCTION DANS LE FLEUVE.

Pour diagnostiquer la présence de Moules zébrées dans un plan d'eau et déterminer les périodes propices à la colonisation, la méthode la plus simple et la plus rapide consiste à effectuer le suivi de l'abondance larvaire. Une étude intensive a été réalisée entre le 1^{er} juin et le 31 octobre 1994 à différentes stations dans le Saint-Laurent ⁽⁸⁾. À titre d'exemple, la figure 2 montre les variations du nombre moyen de larves par litre de chaque stade, à chaque semaine, à la station de la centrale hydroélectrique Les Cèdres, sur la rive nord du fleuve près de Vaudreuil. Trois principaux constats se dégagent de cette étude :

- la période de ponte et de présence des larves s'étend de la mi-juin à la fin-septembre, avec un pic d'abondance au début de juillet. La même situation prévaut dans la rivière Richelieu ⁽²⁾.
- les pics d'abondance de chaque stade sont décalés dans le temps, et le délai observé entre le pic du stade D et celui du stade Plantigrade est de trois semaines (entre le 4 et le 25 juillet), ce qui correspond assez bien au temps de développement des larves suggéré par d'autres études.
- le nombre de larves chute considérablement au cours du développement, passant de plus de 40 larves/L au stade D à 0,6 larve/L au stade Plantigrade. Cela suggère soit une forte mortalité, soit une importante dérive des larves par le courant vers l'aval du fleuve.

Ces informations sont des plus précieuses pour l'application de mesures de contrôle de la colonisation, parmi lesquelles la chloration de l'eau est une des plus populaires ⁽¹⁾. Avec une réglementation stricte du type de chloration et des concentrations de chlore permises, il importe d'utiliser ce moyen au bon moment pour éliminer les larves, dans le cas d'une première colonisation, ou encore pour inhiber le recrutement et la croissance larvaire dans le cas d'une infestation déjà présente. Mais qu'en est-il des moyens de contrôle naturels de cette espèce dans le fleuve ?

Les facteurs naturels qui contrôlent l'abondance de la Moule zébrée

Toutes les espèces sont naturellement contrôlées par la compétition pour les ressources alimentaires limitées ou par des ennemis naturels. Pour la Moule zébrée dans le fleuve, les ressources alimentaires (phytoplancton, protozoaires et bactéries) sont amplement suffisantes, et les prédateurs (oiseaux, poissons, écrevisses, sangsues), peu efficaces. Avec ces conditions et sa très forte capacité de production larvaire, on pourrait donc s'attendre à une infestation de moules dans le Saint-Laurent. Or, nous venons de le voir, les abondances observées

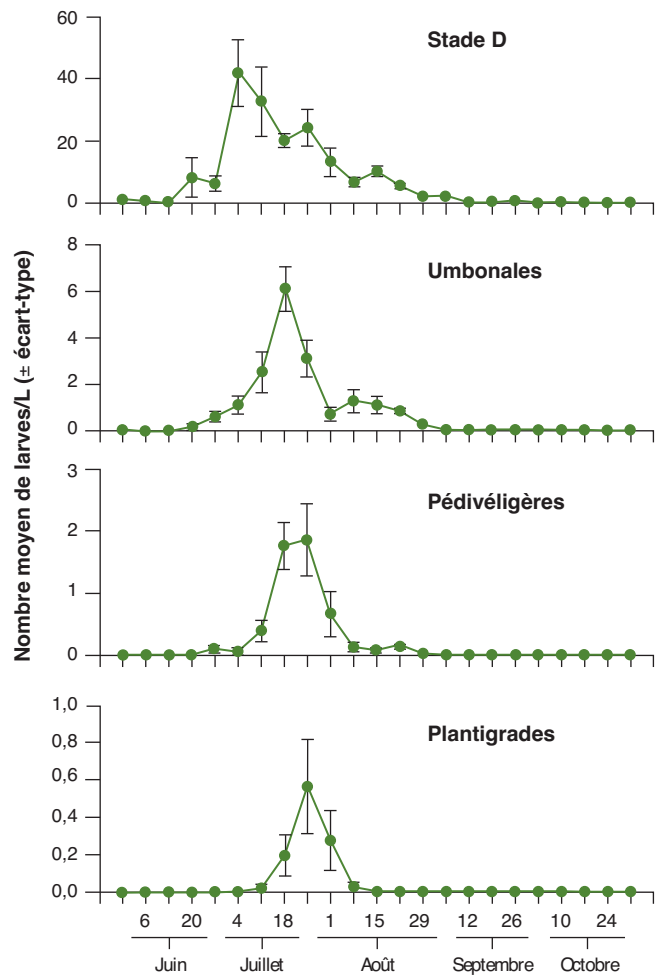


Figure 2 Variations saisonnières d'abondance des différents stades larvaires de la Moule zébrée dans le Saint-Laurent

à ce jour sont relativement faibles. Comment expliquer cette situation ?

Sur le plan chimique, les eaux du Saint-Laurent satisfont les besoins de la Moule zébrée pour sa croissance et sa survie, notamment par leur teneur en calcium (un paramètre très important dans la composition de la coquille des mollusques) qui est supérieure aux valeurs critiques pour l'espèce (tableau 2). Si les paramètres chimiques ne sont pas en cause, il reste donc les paramètres physiques. De fait, il appert que la dérive de bon nombre de larves vers les eaux salées de l'estuaire constitue un moyen de contrôle naturel de cette espèce nuisible. Au cours de la période d'abondance larvaire, la vitesse du courant devient un facteur-clé dans la dynamique des populations de Moules zébrées. Le fleuve possède des secteurs de courants forts (> 1 m/s), tels des rapides ou le chenal central, et des secteurs où l'eau se déplace lentement, comme le long des rives des lacs



Tableau 2 Conditions physico-chimiques nécessaires à la croissance des moules et pourcentages des sites étudiés ($n = 182$) rencontrant ces exigences dans le fleuve au cours de l'été

CONDITIONS	Croissance nulle	Pourcentages	Croissance optimale	Pourcentages
Température (°C)	< 8 et > 30	0	17 - 24	100
Conductivité (µS/cm)	< 36	0	> 110	100
pH	< 7,4	3	7,9 - 8,0	13,3
Calcium (mg/L)	< 11	0	> 28	83
Vitesse du courant (m/s)	> 1,5	3	< 1,0	68

fluviaux. Ces différents secteurs, parfois en alternance, constituent donc des habitats plus ou moins favorables à la colonisation par la Moule zébrée. Avec des vitesses moyennes de 0,4 à 0,8 m/s (typiques des lacs fluviaux du Saint-Laurent et du corridor respectivement), les larves pourraient parcourir entre 250 et 500 km en une semaine; or, la distance entre le lac Ontario, la source du fleuve, et la pointe est de l'île d'Orléans, où commencent les eaux salées, est d'environ 400 km !

Grâce à un programme de suivi de la colonisation, mis sur pied en 1990 dès les premières évidences de la Moule zébrée dans le fleuve, l'effet du courant a pu être démontré à l'aide de bouées de navigation réparties tout au long du corridor fluvial entre Cornwall et l'île d'Orléans. Le pourcentage de bouées colonisées en fonction de la vitesse du courant montre une cassure très nette lorsque la vitesse du courant dépasse 0,75 m/s (figure 3).

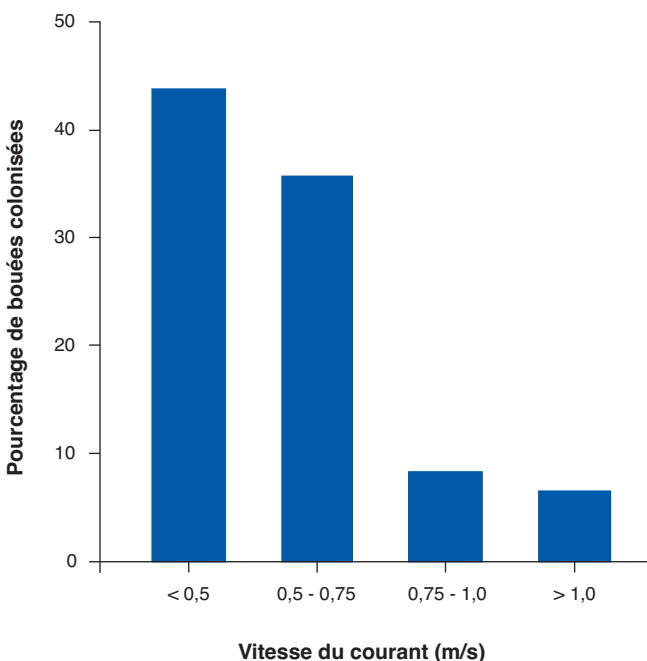


Figure 3 Taux de colonisation par la Moule zébrée en fonction de la vitesse du courant

Ainsi, une dérive importante couplée au délai avant la fixation explique vraisemblablement pourquoi la Moule zébrée n'est pas aussi abondante dans le fleuve que son potentiel de reproduction pourrait le lui permettre.

Dans l'état actuel des recherches, le constat sur cette espèce se résume à ceci : la Moule zébrée est implantée dans le fleuve et devrait y rester. Il n'y a pas apparence de situation de crise présente ou à venir dans un futur rapproché, mais la prudence reste de mise. Trop peu d'études ont été réalisées en milieu fluvial, et par conséquent, il est impossible de se prononcer sur l'impact que cette espèce pourrait avoir tant sur le plan environnemental qu'économique. Les études doivent se poursuivre dans ce sens-là. Même si la colonisation du fleuve ne semble pas aujourd'hui aussi dramatique que celle des Grands Lacs, il est bon de rappeler que nous avons affaire à une espèce réputée hautement nuisible et que le suivi de son abondance demeure, par conséquent, encore nécessaire.

Utiliser la Moule zébrée pour mieux surveiller la pollution

Puisque la Moule zébrée fait maintenant partie de la faune aquatique du Saint-Laurent, peut-on tirer profit de sa présence ? Son abondance, sa longévité, son mode de vie sédentaire au stade adulte (fixé au substrat), son taux élevé de filtration (≈ 1 L/jour/individu) et, surtout, sa capacité à concentrer plusieurs contaminants chimiques (e.g. métaux, BPC, HAP et composés organométalliques) en font un outil de choix pour les programmes de surveillance de la pollution en milieu aquatique. L'accumulation de contaminants dans les tissus mous de la Moule zébrée traduit non seulement la présence locale de ces contaminants dans l'environnement mais aussi leur biodisponibilité, c'est-à-dire leur capacité à se présenter sous une forme chimique assimilable par l'organisme.

La contamination par les métaux, notamment les organo-étains comme le tributylétain (TBT), composé particulièrement toxique pour de nombreux mollusques et autres espèces envahissantes marines et d'eau douce, a fait l'objet de recherches universitaires auxquelles ont collaboré les chercheurs du Centre Saint-Laurent. Ces substances, qui entrent dans la composition de peintures à bateaux et de nombreux polymères de plastique (comme le PVC), sont sévèrement réglementées depuis les années 1980, mais leurs concentrations et leur biodisponibilité dans l'environnement fluvial du Saint-Laurent n'étaient pas connues. Une étude récente des concentrations de TBT dans les tissus mous de la Moule zébrée à différentes stations dans le Saint-Laurent ⁽⁹⁾ a révélé la présence de cette substance à 9 des 11 stations visitées (figure 4). Les concentrations (en nanogrammes d'étain par gramme de poids frais), bien au-dessus de la limite de détection (1 ng/g), variaient de deux à trois ordres de grandeur, soit des différences de 100 à 1000 fois entre les stations (noter l'échelle en logarithmes sur l'axe vertical de la figure 4).

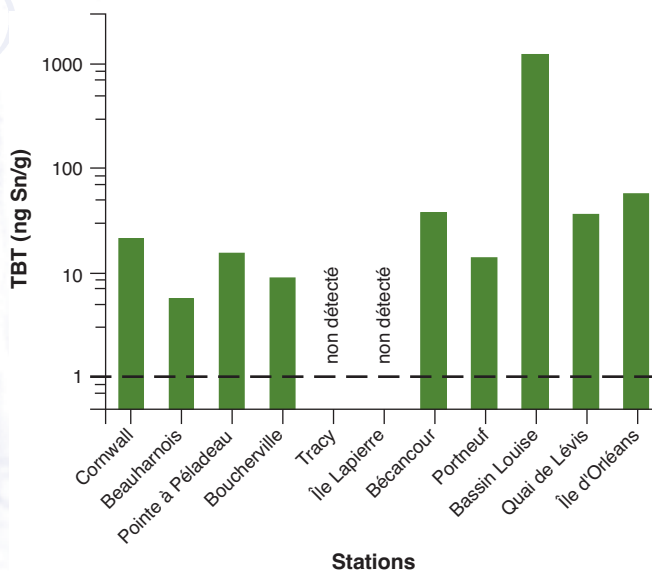


Figure 4 Tributylétain accumulé dans les tissus de la Moule zébrée du Saint-Laurent en 1996

Par ailleurs, une équipe de chercheurs du CSL a réalisé une première dans le domaine de l'écotoxicologie en analysant une série de réponses biochimiques chez la Moule zébrée comme indicateurs d'effets de la contamination ⁽¹⁰⁾. Les résultats de ces tests, appelés « biomarqueurs », reflètent les perturbations du métabolisme, soit la première ligne de défense physiologique d'un organisme exposé aux contaminants chimiques (e.g. bris

L'indice des biomarqueurs chez la Moule zébrée

Il est construit à partir des réponses de chacun des biomarqueurs utilisés dans l'étude sur les effets de la contamination chez la Moule zébrée ⁽¹⁰⁾. La valeur de l'indice est relative et déterminée d'après une cote attribuée à chaque station qui s'écarte significativement ($p < 0,05$) d'une autre. Ainsi, la première station dans la liste des comparaisons par paires significatives reçoit la cote 0. Si la seconde station s'écarte significativement de la première, la cote 1 lui est attribuée; si la troisième s'écarte significativement de la seconde et de la première, c'est la cote 2; et ainsi de suite. Lorsqu'une station ne s'écarte pas significativement des suivantes ou des précédentes, on lui attribue une cote moyenne calculée en fonction de la position de cette station dans la liste. Ce simple exercice mathématique est appliqué à chaque biomarqueur. La somme des cotes des cinq biomarqueurs pour une station donnée constitue le résultat final de l'indice pour cette station. La limite inférieure de l'indice est égale à zéro, alors que la limite supérieure est déterminée par le nombre de stations et de biomarqueurs utilisés. Moins la valeur de l'indice est élevée, moins la réponse des effets de la contamination est élevée; en d'autres termes, le potentiel toxique est faible. Ainsi les stations de l'île aux Sternes et de Portneuf seraient les moins problématiques. Par comparaison, les stations Bassin Louise et Quai de Lévis seraient les plus à surveiller quant à d'éventuels effets de la contamination.

du matériel génétique, altérations hormonales dans les fonctions reproductrices, dépenses énergétiques investies dans les mécanismes de détoxification). Cinq biomarqueurs regroupés sous la forme d'un indice (voir l'encadré) ont permis de mettre en évidence des variations importantes de la toxicité potentielle le long du corridor fluvial (figure 5).

Les stations situées dans les secteurs portuaires (Cornwall, Bassin Louise, Quai de Lévis) ou à proximité d'une intense activité industrielle (Beauharnois, Boucherville, Tracy) et contaminées à divers degrés montrent les plus fortes valeurs de l'indice d'effets de la

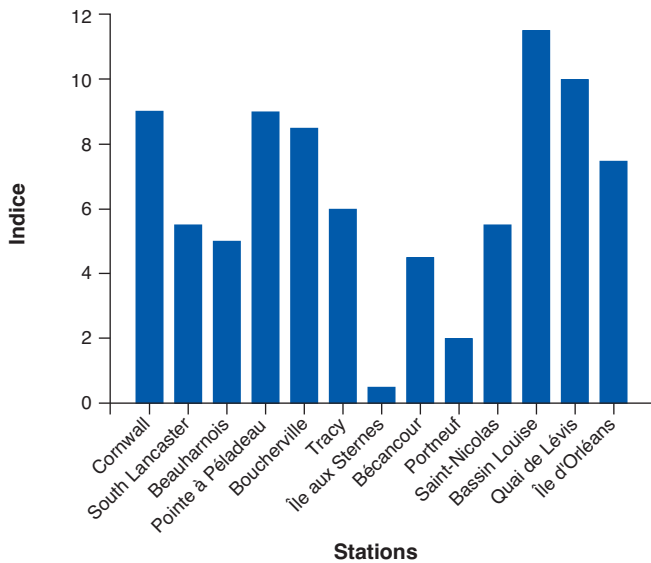


Figure 5 Valeurs de l'indice des biomarqueurs aux différentes stations dans le fleuve Saint-Laurent

contamination. À l'opposé, les stations relativement éloignées de sources connues de contamination (Île aux Sternes, Portneuf) présentent les plus faibles valeurs de l'indice.

L'approche des biomarqueurs semble donc prometteuse et pourrait éventuellement être intégrée à un programme de suivi biologique de la qualité des eaux du Saint-Laurent. Nous sommes cependant encore loin de la coupe aux lèvres, et les recherches se poursuivent tant sur la mise au point technique des biomarqueurs que sur la valeur de la Moule zébrée comme organisme indicateur des effets de la pollution.

Et les autres espèces introduites dans le fleuve ?

Depuis plus d'un siècle, au moins 140 espèces exotiques (algues, plantes, mollusques et poissons entre autres) ont été introduites accidentellement ou de façon délibérée dans le bassin des Grands Lacs en Amérique du Nord ⁽¹¹⁾. Combien d'entre elles sont déjà présentes dans le fleuve et quels sont les risques de colonisation et d'impact négatif pour les activités socio-économiques et les communautés végétales et animales indigènes ? Nos connaissances sont encore trop incomplètes et fragmentaires, particulièrement sur les impacts environnementaux, pour présumer du caractère bénin ou nuisible de l'introduction d'une espèce comme la Moule zébrée ou sa compagne, la Moule quagga, *a fortiori* de plusieurs. C'est dans cette optique qu'un programme d'étude sur l'introduction d'espèces exotiques dans le fleuve Saint-

Laurent a vu le jour dans le troisième plan d'action quinquennal du Centre Saint-Laurent d'Environnement Canada. Les résultats à venir devraient enrichir nos connaissances de la biologie du Saint-Laurent et accroître notre capacité de gérer d'éventuelles crises environnementales liées à l'introduction d'espèces nuisibles, un phénomène dont l'ampleur ne cesse de grandir avec le développement sans cesse croissant du transport maritime.

La zébrée et la quagga

Elles se ressemblent tellement qu'on pourrait les considérer comme une seule espèce; mais on sait maintenant que ce sont, non pas une, mais bien deux espèces de moules qui ont envahi les eaux du Saint-Laurent, soit : la Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et la Moule quagga (*Dreissena bugensis*). Observée pour la première fois à l'automne 1992, la quagga demeure

peu abondante dans le fleuve (moins de 4 p. 100 des effectifs) et n'a pas été vue, à ce jour, dans la rivière Richelieu. Cette faible proportion de quagga serait



PHOTO : B. CUSSON ET D. LABONTÉ
LA MOULE QUAGGA

associée à la quasi absence de zones profondes (plus de 20 m) dans le fleuve, lesquelles constituent son habitat préférentiel dans les Grands Lacs. La présence de la Moule quagga semble donc marginale, et les efforts de recherche sont concentrés principalement sur la Moule zébrée.

Pour en savoir plus

1. Claudi, R. et G.L. Mackie. 1994. *Practical Manual for Zebra Mussel Monitoring and Control*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, Florida.
2. 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 pages.
3. Claudi, R. et J.H. Leach (éd.). 1999. *Nonindigenous Freshwater Organisms. Vectors, Biology, and Impacts*. Lewis Publishers, Boca Raton, Floride. 464 pages.
4. Ricciardi, A., F.G. Whoriskey et J.B. Rasmussen. 1997. « The role of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in structuring macroinvertebrate communities on hard substrata ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **54** : 2596-2608.
5. 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 ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **53** : 685-695.
6. Vincent, B. et G. Vaillancourt. 1978. « Les groupements benthiques du fleuve Saint-Laurent près des centrales nucléaires de Gentilly (Québec) ». *Canadian Journal of Zoology* **56** : 1585-1592.
7. Costan, G. 1991. « Quelques aspects de l'écologie de trois espèces de gastéropodes dans l'estuaire à marée d'eau douce du fleuve Saint-Laurent ». Université Laval, Faculté des Sciences et de génie. Thèse de doctorat.
8. de Lafontaine, Y., L. Lapiere, M. Henry et Y. Grégoire. 1995. *Abondances des larves de Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) et de Quagga (*Dreissena bugensis*) aux abords des centrales hydroélectriques de Beauharnois, Les Cèdres et Rivière-des-Prairies*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport scientifique et technique, ST-14, 52 pages.
9. Regoli, L., H.M. Chan et Y. de Lafontaine. 2000. « Organotins in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the St. Lawrence River ». *Journal of Great Lakes Research* **26**.
10. de Lafontaine, Y., F. Gagné, C. Blaise, G. Costan, P. Gagnon et H.M. Chan. 2000. « Biomarkers in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) for the assessment and monitoring of water quality of the St. Lawrence River (Canada) ». *Aquatic Toxicology* (accepté pour publication).
11. Mills, E.L., J.H. Leach, J.T. Carlton et C.L. Secor. 1993. « Exotic species in the Great Lakes : A history of biotic crises and anthropogenic introductions ». *Journal of Great Lakes Research* **19** : 1-54.

Réalisation

Environnement Canada
Centre Saint-Laurent
105, rue McGill, 7^e étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
Tél. : (514) 283-7000

Recherche et rédaction : Georges Costan et Yves de Lafontaine
Graphiques : Georges Costan et Yves de Lafontaine
Cartographie : François Boudreault
Révision linguistique : Michèle Létienne-Prévoist
Conception graphique : Alibi Acapella
Infographie et mise en page : Denise Séguin
Impression : CIDMA inc.

Cette publication est réalisée dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent Vision 2000

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
©Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2000

N° de catalogue : En40-591/2000F
ISBN 0-662-84568-4

 Imprimé sur papier recyclé avec encres non toxiques.

 Canada