

MARIE-CLAIRE LEBLANC

**Quels sont les facteurs qui expliquent l'envahissement des berges  
du Grand lac Saint-François par le roseau commun  
(*Phragmites australis*) ?**

Mémoire présenté  
à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval  
dans le cadre du programme de maîtrise en aménagement du territoire  
et de développement régional  
pour l'obtention du grade de Maître en aménagement du territoire et de développement régional  
(M.ATDR)

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL  
FACULTÉ D'AMÉNAGEMENT, D'ARCHITECTURE ET DES ARTS VISUELS  
UNIVERSITÉ LAVAL  
QUÉBEC

Octobre 2008

© Marie-Claire LeBlanc

## Résumé

On assiste depuis une centaine d'années à l'expansion du roseau commun (*Phragmites australis*) dans les milieux humides de l'Amérique du Nord. Récemment, on a montré que ce phénomène était dû à l'introduction d'un génotype eurasiatique de roseau (génotype M) particulièrement compétitif. On attribue l'expansion des populations de roseau à des perturbations d'origine anthropique, comme la construction et l'entretien des réseaux routiers ou le développement résidentiel près des milieux humides. On connaît toutefois encore peu de choses sur les stratégies qu'utilise cette plante pour coloniser les milieux riverains lacustres. Dans le cadre de ce projet, j'ai examiné l'invasion récente du Grand lac Saint-François par le roseau. Ce lac est situé à la frontière des régions de Chaudière-Appalaches et de l'Estrie (Québec). À l'été 2006, toutes les berges du lac ont été parcourues en canot afin de cartographier l'ensemble des populations de roseau et de colliger des informations sur ces dernières. Les populations sur le bord des routes de la région ceinturant le lac ont aussi été cartographiées. D'autres données spatiales caractérisant les populations ont été générées grâce à un système d'information géographique. Un modèle de régression logistique binaire a été réalisé afin de circonscrire les facteurs qui expliquent la présence ou l'absence d'une population de roseau en un point donné autour du lac. Au total, 345 populations de roseau occupaient les berges du Grand lac Saint-François. Toutes les populations de roseau étaient du génotype exotique (génotype M). Elles étaient particulièrement abondantes dans la partie nord du lac, que ce soit sur les berges ou le long des routes asphaltées. C'est aussi dans ce secteur qu'on trouve la plus grande densité de résidences et de routes. Le modèle statistique montre que plus la rive du lac est proche d'une route asphaltée ou de l'exutoire du lac, plus les probabilités d'y trouver une population de roseau sont élevées. Le scénario d'envahissement le plus probable est que des graines (ou des fragments de tige) de populations routières de roseau se soient disséminées des routes vers les rives du lac et aient ensuite germé, produisant ainsi de nouvelles populations. Ce projet constitue une première analyse de la situation de l'envahissement du Grand lac Saint-François par le roseau. Il met en relief le rôle des corridors routiers quant aux risques d'envahissement des plans d'eau. Dans le cas du Grand lac Saint-François, il est primordial de déterminer quels sont les sites du lac ayant le plus grand intérêt écologique et de mettre en place des mesures pour empêcher le roseau de s'y installer et d'y proliférer.

## Remerciements

J'aimerais d'abord remercier mon directeur de recherche, M. Claude Lavoie, professeur à l'École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional (ÉSAD) de l'Université Laval, pour tout le temps passé au sein de son laboratoire, d'abord en tant qu'employée puis en tant qu'étudiante à la maîtrise. Mon passage dans ce laboratoire m'a indubitablement appris énormément de choses, tant au niveau académique que personnel. Merci énormément pour toute la confiance, la patience et les encouragements au long de mon projet de recherche. Je tiens aussi à remercier ma codirectrice, Mme Sylvie de Blois, professeure à la School of Environment et au Department of Plant Science de l'Université McGill, qui a su porter sur ce projet un regard extérieur pertinent et me conseiller adéquatement au cours de la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à toute l'équipe du Parc national de Frontenac. Leur soutien logistique lors des travaux de terrain a grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Je remercie de manière spéciale MM. René Charest (responsable du Service de la conservation et de l'éducation) et Stéphane Poulin (technicien) pour leur aide généreuse, aide qui a fait de mon passage au Grand lac Saint-François une expérience inoubliable. J'aimerais remercier Mme Julie Labbé (alors étudiante au 1er cycle en biologie à l'Université Laval) pour ses milliers de coups de pagaie lors de la campagne de terrain. Son travail exceptionnel et son entrain ont égayé l'été 2006 et permis la réalisation de la tâche colossale de cueillette des données. J'adresse aussi de sincères remerciements à Mme Annie Saint-Louis (professionnelle de recherche à l'Université Laval) pour son aide enthousiaste et son dynamisme, particulièrement lors des analyses génétiques. Merci d'avoir su rendre ces tâches précises et minutieuses si agréables. Je remercie notamment M. François Belzile, professeur au Département de phytologie de l'Université Laval, ainsi toute l'équipe de son laboratoire, pour leur accueil et leur assistance lors des analyses génétiques, sans lesquels mon incursion dans le monde de l'ADN n'aurait certes pas été si aisée !

Il m'importe de souligner l'aide précieuse de MM. Marius Thériault et Paul Villeneuve, tous deux professeurs à l'ÉSAD, pour leurs conseils statistiques tout au long des analyses. Je suis très reconnaissante envers Mme Marie-Hélène Vandersmissen, professeure au Département de géographie de l'Université Laval, pour son temps et sa généreuse disponibilité à me dévoiler les

secrets des statistiques ! Je tiens aussi remercier M. Florent Joerin, professeur à l'ÉSAD, qui, tout comme Mme Vandersmissen, a participé à l'évaluation du mémoire.

J'adresse de sincères remerciements à M. Benjamin Lelong (qui m'a donné la piquûre du roseau !), et Mmes Geneviève Meunier et Marilou Bourdages, complices du laboratoire, pour leur présence, leur folie et leur soutien à tout moment. De même, je salue chaleureusement toute l'équipe du Centre de recherche en aménagement et développement, qui a rendu cette aventure au pavillon Félix-Antoine-Savard si agréable. Enfin, je tiens à remercier tous les amis qui ont été mes côtés. J'adresse de chaleureux remerciements à M. Olivier Martin pour son support et ses encouragements inconditionnels. Je remercie aussi mes parents et ma famille, dont l'affection et le soutien ont su traverser la distance. Merci à tous pour votre présence lors de ces années d'apprentissage.

Ce projet a été rendu possible grâce au support financier du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (subventions de recherche à Claude Lavoie et Sylvie de Blois) et de l'ÉSAD (bourse d'étude à Marie-Claire LeBlanc).

## Table des matières

<b>Résumé</b> .....	i
<b>Remerciements</b> .....	ii
<b>Table des matières</b> .....	iv
<b>Liste des figures</b> .....	v
<b>Liste des tableaux</b> .....	vi
<b>1.0 Introduction</b> .....	1
<b>2.0 Aire d'étude</b> .....	4
<b>3.0 Méthodologie</b> .....	7
3.1 Collecte de données sur le terrain .....	7
3.1.1 <i>Populations riveraines de roseau commun</i> .....	7
3.1.2 <i>Populations routières de roseau commun</i> .....	8
3.2 Collecte de données cartographiques .....	8
3.2.1 <i>Réseau routier</i> .....	8
3.2.2 <i>Constructions résidentielles</i> .....	9
3.3 Analyses génétiques .....	9
3.4 Entrevues avec les propriétaires riverains .....	9
3.5 Traitement des données et analyses statistiques .....	10
<b>4.0 Résultats</b> .....	12
4.1 Populations riveraines de roseau commun .....	12
4.2 Populations routières de roseau commun .....	14
4.3 Génétique du roseau commun .....	16
4.4 Construction résidentielle autour du Grand lac Saint-François .....	16
4.5 Entrevues avec les propriétaires riverains .....	17
4.6 Modèle de régression logistique .....	19
<b>5.0 Discussion</b> .....	20
5.1 Routes autour du lac .....	21
5.2 Construction résidentielle autour du lac .....	22
5.3 Affluents du lac .....	23
5.4 Exutoire du lac .....	23
5.5 Comment le roseau s'est-il introduit et répandu autour du Grand lac Saint-François ? .....	24
<b>6.0 Conclusion et recommandations</b> .....	25
<b>7.0 Bibliographie</b> .....	27

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Localisation de l'aire d'étude (Grand lac Saint-François, Québec, Canada) et répartition des populations de roseau commun trouvées en 2006 le long du réseau routier entourant le lac .....	5
<b>Figure 2</b> : Localisation des populations de roseau commun présentes sur les rives du Grand lac Saint-François en 2006 .....	13
<b>Figure 3</b> : Envergure des populations de roseau commun dans l'axe parallèle à la rive en bordure du Grand lac Saint-François .....	14
<b>Figure 4</b> : Localisation des 17 populations de roseau commun les plus étendues (en envergure, parallèlement à la rive) situées en bordure du Grand lac Saint-François et qui ont été mesurées au cours de l'été 2006.....	15
<b>Figure 5</b> : Composition du substrat supportant les populations de roseau commun en bordure du Grand lac Saint-François.....	16
<b>Figure 6</b> : Nouvelles constructions résiduelles en bordure du Grand lac Saint-François, selon la décennie.....	17
<b>Figure 7</b> : Localisation des résidences installées en bordure du Grand lac Saint-François à différentes époques.....	18

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Variables testées dans un modèle de régression logistique afin d’identifier les facteurs pouvant avoir une influence sur l’établissement du roseau commun au pourtour du Grand lac Saint-François.....	11
<b>Tableau 2</b> : Répartition des populations de roseau commun dans les emprises routières de la région ceinturant le Grand lac Saint-François selon le type de route en présence et le revêtement de la chaussée .....	16
<b>Tableau 3</b> : Modèle de régression logistique visant à circonscrire les facteurs pouvant avoir une influence sur l’établissement du roseau commun sur les rives du Grand lac Saint-François .....	20

## 1.0 Introduction

Au cours des dernières années, la santé environnementale des lacs est devenue l'une des principales préoccupations des utilisateurs de la ressource eau en Amérique du Nord. L'accélération du développement des rives pour satisfaire les besoins croissants des villégiateurs ainsi que la multiplication des floraisons de cyanobactéries dans les plans d'eau utilisés à des fins récréatives ont attiré l'attention de la population et des décideurs sur la fragilité des lacs. Les floraisons de cyanobactéries ne sont d'ailleurs que le problème le plus récent auquel les lacs font face. À ce problème s'ajoute l'eutrophisation accélérée des petits plans d'eau, la modification des régimes hydriques par le drainage, l'irrigation ou la construction de barrages, l'acidification et la pollution de l'eau, le remblayage des terres humides riveraines et l'introduction d'espèces exotiques (Brönmark & Hansson, 2002, 2005; Dudgeon *et al.*, 2006).

La prolifération d'espèces exotiques dans les lacs est un problème particulièrement préoccupant en Amérique du Nord. On estime par exemple que dans les écosystèmes d'eau douce du Canada, les espèces exotiques constituent une nuisance pour 26 des 41 espèces de poissons et six des 11 espèces de mollusques considérées comme menacées par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (Dextrase & Mandrak, 2006). La moule zébrée (*Dreissena polymorpha* (Pallas)), introduite accidentellement à la fin des années 1980 et aujourd'hui répandue dans l'ensemble du continent nord-américain, est pour sa part responsable de changements importants dans la diversité et l'abondance des assemblages d'invertébrés benthiques d'eau douce (Ram & McMahon, 1996; Vanderploeg *et al.*, 2002; Van Appledorn & Bach, 2007; Ward & Ricciardi, 2007). Elle cause aussi plusieurs dommages aux installations de pompage et de production d'énergie. Le montant annuel de ces dommages a été estimé à plus de 100 millions de dollars aux États-Unis (Pimentel *et al.*, 2000).

On trouve dans les eaux douces nord-américaines plusieurs plantes vasculaires exotiques qui constituent elles aussi de redoutables envahisseurs. Les macrophytes aquatiques partagent certaines caractéristiques (grande productivité, croissance rapide, propagation végétative, forte capacité d'adaptation aux conditions du milieu, dissémination aisée des diaspores sur de longues distances) qui font en sorte que certaines de ces plantes figurent parmi les végétaux les plus envahissants à l'échelle planétaire (Pieterse & Murphy, 1990). Par exemple, dans les milieux humides du fleuve Saint-Laurent (Canada), les plantes exotiques ne représentent que 14 % de la



flore vasculaire (en richesse) mais peuvent couvrir de 40 à 60 % de la surface du sol à certains endroits (Lavoie *et al.*, 2003). Aux États-Unis, on estime que la superficie des plans d'eau touchés par la présence des plantes envahissantes aquatiques équivaut à celle de l'Autriche, soit près de 90 000 km<sup>2</sup> (Pieterse & Murphy, 1990). L'une de ces plantes, le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum* L.), trouvée pour la première fois aux États-Unis en 1942 (Sheldon & Creed, 1995), est aujourd'hui présente dans les plans d'eau de 44 états américains et de trois provinces canadiennes (Aiken *et al.*, 1979; Smith & Barko, 1990; Creed, 1998; Buchan & Padilla, 2000; Moody & Les, 2007). Les radeaux de végétation qu'il forme entraînent non seulement une diminution de la richesse et de la diversité des invertébrés benthiques des plans d'eau, mais constituent aussi une nuisance pour les activités récréatives (Aiken *et al.*, 1979; Buchan & Padilla, 2000). Le myriophylle est considéré comme l'une des cinq plantes envahissantes aquatiques les plus nuisibles de l'Amérique du Nord (Cronk & Fennessy, 2001). L'hydrille verticillé (*Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle) et la châtaigne d'eau (*Trapa natans* L.) (Pieterse & Murphy, 1990; Chambers *et al.*, 2008) figurent aussi parmi les espèces les plus problématiques en Amérique du Nord.

Le roseau commun (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud; Poaceae), une autre plante envahissante de milieux humides, s'établit aussi de plus en plus sur les rives des lacs. Le roseau est une plante héliophyte largement répandue sur la planète et que l'on trouve surtout dans les marais et les canaux de drainage qui longent les routes et les champs agricoles (Maheu-Giroux & de Blois, 2007; Jodoin *et al.*, 2008). Le roseau possède plusieurs caractéristiques qui font de cette plante un végétal capable de s'établir et de croître dans des milieux parfois hostiles à la survie d'un grand nombre d'espèces. Le roseau pousse en effet rapidement et peut s'établir sur plusieurs types de substrats (Haslam, 1972). Il tolère bien le sel (Hellings & Gallagher, 1992; Burdick & Koninsky, 2003; Vasquez *et al.*, 2005) et les inondations comme les périodes de sécheresse (Hellings & Gallagher, 1992; Blanch *et al.*, 1999; Chambers *et al.*, 2003). Le roseau se propage particulièrement bien par voie végétative (Haslam, 1972), mais on sait depuis peu que la plante produit au Canada des graines viables qui contribuent aussi à la dissémination de l'espèce (Maheu-Giroux & de Blois, 2007; Brisson *et al.*, 2008).

Cette graminée était autrefois relativement peu répandue dans les marais (Saltonstall, 2002, 2003a; Lelong *et al.*, 2007). De nos jours, c'est l'un des envahisseurs les plus agressifs des milieux humides du Nord-Est de l'Amérique du Nord, particulièrement le long des côtes du

Delaware, du Maryland et du New Jersey (Windham & Lathrop, 1999; Rice *et al.*, 2000; Philipp & Field, 2005). On explique la prolifération récente du roseau par l'introduction d'un génotype (M) d'origine eurasiatique (Saltonstall, 2002, 2003a). Ce génotype a un taux de croissance plus élevé et produit plus de tiges par gramme de rhizome que les génotypes indigènes de roseau (Vasquez *et al.*, 2005). Dans les milieux humides côtiers, le génotype exotique de roseau semble tirer avantage des perturbations de nature anthropique et prolifère de manière telle qu'il forme souvent d'immenses colonies d'un seul tenant (Chambers *et al.*, 1999; Bart & Hartman, 2000; Silliman & Bertness, 2004). Les sites envahis par le roseau ont souvent une diversité végétale faible et n'offrent dans bien des cas qu'un habitat de piètre qualité pour la faune (Lavoie, 2008).

Au Québec, le roseau n'est pas encore très abondant dans les terres humides, mais on observe de plus en plus de cas d'envahissement, particulièrement le long du fleuve Saint-Laurent (Lavoie, 2008). La propagation accélérée du roseau observée dans la province depuis le milieu des années 1960 coïncide avec la mise en place du réseau autoroutier (Lelong *et al.*, 2007). Les canaux de drainage en bordure des routes forment en effet de longs corridors humides fréquemment perturbés (apport de matériaux lors de la construction, entretiens fréquents, épandage de sel de déglacage) qui favorisent la croissance et la dissémination du roseau (Jodoin *et al.*, 2008). Le roseau ne se cantonne pas uniquement aux emprises routières. Il envahit souvent les champs agricoles adjacents aux routes (par le biais des canaux qui les traversent) ainsi que les marais situés non loin des axes routiers (Lavoie, 2007; Maheu-Giroux & de Blois, 2007).

On observe de plus en plus le roseau sur les rives de certains lacs québécois. Il constitue alors une menace pour l'intégrité écologique des écosystèmes riverains et une nuisance pour les villégiateurs. Le phénomène est particulièrement palpable en bordure du Grand lac Saint-François, situé dans la région de Thetford Mines, à la frontière de la région Chaudière-Appalaches et de celle de l'Estrie. Ce lac, dont les rives sont protégées par un parc national ou occupées par des sites de villégiature, est aux prises avec une augmentation récente du nombre de populations de roseau sur son pourtour. En Amérique du Nord, les populations de roseau sont en croissance en bordure des Grands Lacs (Wilcox *et al.*, 2003; Trebitz & Taylor, 2007; Tulbure *et al.*, 2007), mais on rapporte très rarement des envahissements dans les lacs de moindre envergure. La situation du Grand lac Saint-François semble donc constituer une première qui pourrait peut-être se répéter à plusieurs reprises dans un proche avenir, d'où l'importance d'étudier le phénomène. Cela dit, on connaît très peu de choses sur le phénomène

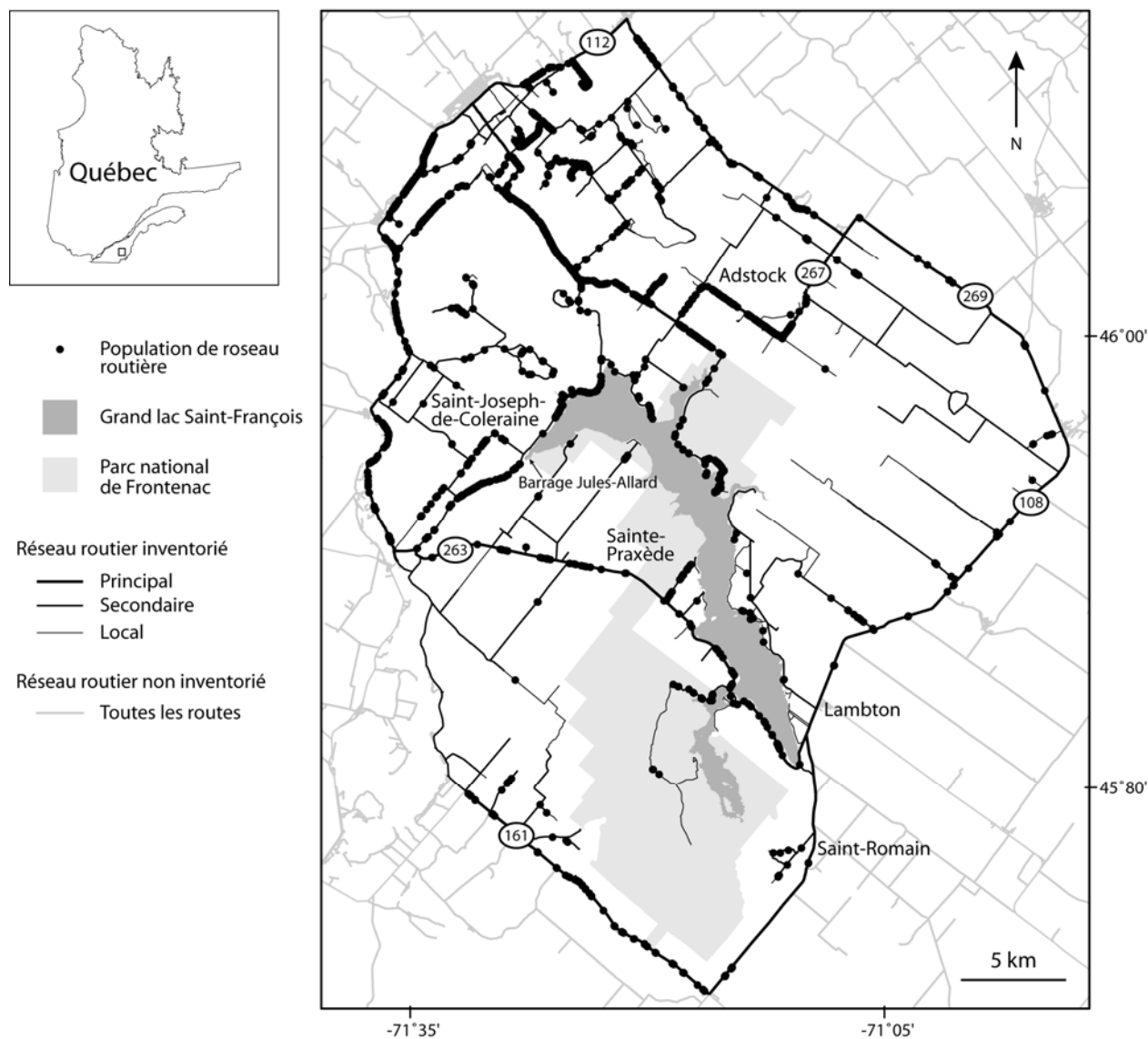
d'invasion qui est en train de se produire en bordure de ce lac. Quel est le nombre et l'étendue réelle des populations de roseau autour du lac ? Où sont-elles situées ? Quels sont les facteurs qui expliquent la présence et la répartition spatiale de la plante ?

Le but premier de ce projet de recherche est de comprendre l'invasion du Grand lac Saint-François par le roseau par le biais d'un portrait cartographique. Ce portrait, réalisé à l'aide d'un inventaire des populations effectué sur le terrain, permettra de circonscrire les secteurs les plus envahis ainsi que les caractéristiques des populations présentes çà et là autour du lac. On tentera aussi de déterminer à l'aide de données de terrain, d'un système d'information géographique générant des données à caractère spatial, de données de nature historique et d'un modèle statistique quels sont les facteurs qui expliquent la présence du roseau sur les rives du lac. Le modèle permettra notamment de tester l'hypothèse selon laquelle le roseau sera d'autant plus présent sur une rive que cette dernière sera située non loin d'une route, les routes étant des vecteurs importants de dissémination du roseau au Québec (Lelong *et al.*, 2007; Jodoin *et al.*, 2008). La proximité d'une résidence sera aussi un facteur important pour expliquer la présence du roseau, car les perturbations associées à la construction résidentielle aux abords d'un lac – élimination du couvert végétal, remaniement du sol, réaménagement de la rive, apport de matériel de remblayage contenant potentiellement des rhizomes – créent des sites propices à l'implantation du roseau (Bertness *et al.*, 2002; Silliman & Bertness, 2004; King *et al.*, 2007). Enfin, le fait de se situer près d'un affluent du lac jouera aussi un rôle significatif, car les ruisseaux et les rivières constituent des corridors de dissémination de diaspores pour plusieurs espèces végétales (Johansson *et al.*, 1996; Parendes & Jones, 2000). En connaissant mieux les facteurs pouvant expliquer la présence du roseau au Grand lac Saint-François, il sera possible de déterminer si des mesures de gestion peuvent être mises de l'avant afin d'empêcher l'implantation du roseau dans les sites où il est absent. Ces informations pourraient aussi être utiles pour faire en sorte que le roseau ne s'implante pas sur les berges d'autres lacs semblables.

## **2.0 Aire d'étude**

Le Grand lac Saint-François est le troisième plan d'eau en importance au Québec au sud du fleuve Saint-Laurent (superficie : 51 km<sup>2</sup>). Le lac se situe à la limite des régions administratives de Chaudière-Appalaches et de l'Estrie, à environ 12 km au sud de Thetford Mines et à 110 km au sud de Québec (Fig. 1). Il est entouré de cinq municipalités (Adstock, Lambton, Saint-Joseph-

de-Coleraïne, Sainte-Praxède et Saint-Romain) et chevauche deux municipalités régionales de comté (de l'Amiante et du Granit).



**Figure 1 :** Localisation de l'aire d'étude (Grand lac Saint-François, Québec, Canada) et répartition des populations de roseau commun trouvées en 2006 le long du réseau routier entourant le lac. Le numéro des routes régionales est indiqué, ainsi que la localisation des cinq villages qui sont présents près du lac.

Le Grand lac Saint-François fait partie de la région naturelle des chaînons de l'Estrie, de la Beauce et de Bellechasse (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1986). Cette région est collinéenne et l'altitude maximale des sommets ne dépasse guère 450 m. On y trouve surtout des érablières à érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) et à bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britt.), mais aussi des peuplements forestiers mélangés (feuillus et conifères), des pessières, ainsi

que des marécages et des tourbières (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1986). Les dépôts meubles trouvés sur le territoire proviennent des débris laissés par les glaciers et se composent surtout de tills (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1986). La région autour du lac est principalement forestière. La forêt couvre environ 75 % de la superficie du territoire, le reste étant occupé par des exploitations agricoles et des petits villages (Robitaille & Saucier, 1998).

Le bassin versant du lac s'étend sur 1 204 km<sup>2</sup> et ses trois principaux tributaires sont la rivière Felton, la rivière Sauvage et la rivière aux Bluets. Une soixantaine d'affluents additionnels, répartis tout autour du lac, alimentent aussi le plan d'eau. Les rives, qui s'étendent sur une longueur totale de 117 km, se découpent en de nombreuses petites pointes et baies, ces dernières s'asséchant en période de basses eaux (Houde-Fortin & Gibeault, 2007). Les bandes riveraines non perturbées sont composées de petites plages, d'herbiers aquatiques et de prairies humides. La profondeur moyenne du lac est de 16 m, mais elle peut atteindre localement 40 m (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1986; Houde-Fortin & Gibeault, 2007). Pendant l'été, les vents dominants viennent de l'ouest et du sud-ouest, avec un fetch de 6 km (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1986).

Les rives du lac sont principalement bordées par des boisés (60 % de la longueur totale des rives) et des secteurs habités (40 %). Environ 63 des 117 km de rives sont conservés au sein du parc national de Frontenac, une enclave de 155 km<sup>2</sup> créée en 1987 et vouée à la préservation des écosystèmes naturels et à la pratique d'activités récréatives légères (Fig. 1). Ailleurs, les rives sont occupées par près de 900 bâtiments (petits chalets, maisons, commerces, granges). À peu près tous les sites disponibles en bordure du lac pour la construction résidentielle sont bâtis. Le plan d'eau est d'ailleurs très utilisé pour les activités nautiques, la baignade et la pêche. Autour du lac, le réseau routier est composé de routes principales (numérotées 108, 112 et 161) et secondaires (numérotées 263, 267 et 269), ainsi que de chemins locaux (Fig. 1).

Le Grand lac Saint-François n'est pas un lac totalement naturel puisqu'il est aussi utilisé comme réservoir hydroélectrique et de rétention des eaux afin de prévenir les inondations printanières. La construction du barrage Jules-Allard, à l'exutoire du lac (Fig. 1) en 1917, a élevé son niveau d'eau d'environ 8 m (Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, 1986). Les activités du barrage font en sorte que le lac subit d'importantes variations de son niveau d'eau : s'il demeure

relativement stable pendant l'été, il chute toutefois considérablement pendant l'hiver pour permettre l'accumulation des eaux de fonte du printemps. À titre d'exemple, le niveau d'eau enregistré au barrage Jules-Allard a varié, entre 2000 et 2007, de 4,1 à 7,7 m au cours d'une même année. La zone de marnage est donc très importante.

L'équipe du parc national de Frontenac, préoccupée par la prolifération du roseau, a initié des travaux de recherche sur cette plante dès 2002 et colligé des informations sur les populations établies sur les rives du lac sous sa juridiction. En 2005, 92 populations distinctes ont été inventoriées le long de toutes les rives appartenant au parc. Le secteur Sainte-Praxède, dans la partie nord-ouest du lac, est celui où on en trouvait le plus, avec 39 populations. D'après l'équipe du parc, ces populations semblaient en expansion : leur étendue aurait augmenté de près de 25 % depuis 2002 (Poulin & Lidou, 2005).

### **3.0 Méthodologie**

#### 3.1 Collecte de données sur le terrain

##### 3.1.1 *Populations riveraines de roseau commun*

Un inventaire exhaustif des populations de roseau présentes en bordure du Grand lac Saint-François a été réalisé au cours de l'été 2006 en parcourant l'ensemble des rives en canot. Cette campagne de terrain s'est déroulée du 24 juillet au 27 août, alors que les roseaux étaient bien visibles et facilement identifiables. Pour chaque population rencontrée (un ensemble de tiges de roseau isolé d'au moins 5 m des ensembles voisins), la position exacte a été notée grâce à un système de positionnement géographique. Un échantillon de tissu d'une feuille de roseau a aussi été récolté au centre de la population afin de procéder à une identification en laboratoire du génotype en présence (indigène ou exotique, c'est-à-dire le génotype M). À toutes les deux populations de roseau rencontrées lors d'une journée d'échantillonnage, deux mesures étaient prélevées. On a d'abord mesuré l'envergure de la population (distances séparant les tiges de roseau les plus éloignées dans les axes perpendiculaire et parallèle à la rive), puis la densité des tiges. La densité a été mesurée à cinq endroits différents à l'aide de quadrats de 0,25 m<sup>2</sup> : le premier quadrat était placé approximativement au centre de la population (à la jonction des deux axes), puis les quatre autres à 1 m de chaque côté de la bordure du premier quadrat.

Des données environnementales ont été prélevées à l'emplacement de la population échantillonnée, soit 1) la profondeur maximale de la couche d'eau recouvrant la base des tiges de roseau (mesurée à l'aide d'une règle graduée), 2) la profondeur de la couche d'eau recouvrant la base des tiges de roseau dans le quadrat central de 0,25 m<sup>2</sup> mentionné auparavant, 3) le pH de l'eau du lac en bordure de la population, mesuré à l'aide du pH-mètre portatif *Combo HI 98129* d'Hanna Instruments<sup>®</sup> (Woonsocket, Rhode Island), 4) le type de substrat (bloc, gravier, sable ou argile) sur lequel reposait la population et 5) le type d'occupation du sol sur le terrain adjacent à la population (forêt ou villégiature). Toutes les données recueillies ont été incorporées dans un système d'information géographique (SIG) réalisé avec le logiciel *MapInfo Professional*<sup>®</sup> (MapInfo Corporation, 2005).

### 3.1.2 Populations routières de roseau commun

Toutes les routes entourant le Grand lac Saint-François ont été parcourues en automobile du 17 au 21 juillet 2006 afin de déterminer si le roseau était aussi présent dans la région sur les accotements, berges et fossés de drainage routiers qui pourraient ainsi servir de sources de diaspores. Le territoire couvert lors de cet inventaire avait une superficie de 952 km<sup>2</sup> (Fig. 1). On y trouvait 615 km de routes. Les frontières du territoire inventorié étaient espacées de 1 à 20 km des rives du lac. Elles étaient constituées des routes 108, 112, 161 et 269. Toutes les routes principales (routes "100" et "200"; longueur totale : 177 km) et secondaires (routes non numérotées; longueur totale : 325 km), ainsi que les chemins locaux (longueur totale : 114 km) présents sur le territoire ont été parcourus en automobile. Dès qu'une population de roseau était aperçue, sa position géographique (au centre) était enregistrée à l'aide d'un système de positionnement géographique. Toutes les données recueillies ont ensuite été incorporées dans le SIG.

## 3.2 Collecte de données cartographiques

### 3.2.1 Réseau routier

La carte du réseau routier entourant le Grand lac Saint-François a été extraite de la *Base nationale de données topographiques* (Géomatique Canada, 2003) et incorporée dans le SIG. Les routes ont été classées selon leur importance (principales, secondaires, locales) et selon leur revêtement (asphalté ou non). La distinction au niveau du revêtement s'impose puisque le roseau

est en général plus abondant en bordure des routes asphaltées qu'en bordure des routes gravelées dans le sud du Québec (Lavoie, 2007).

### 3.2.2 Constructions résidentielles

Les registres de permis des cinq municipalités ceinturant le Grand lac Saint-François et les rôles d'évaluation foncière des deux municipalités régionales de comté qui les englobent ont été consultés afin de vérifier l'existence d'un lien entre la présence du roseau dans un endroit donné autour du lac et celle d'une résidence. On a pu extraire des registres l'année de construction de chaque résidence située sur les terrains adjacents au lac. Les résidences dont la date de construction a été fournie par les registres municipaux ont été localisées sur le terrain à l'aide d'un système de positionnement géographique, tandis que les coordonnées géographiques des bâtisses recensées à l'aide des rôles d'évaluation foncière ont été obtenues par la transformation de leur matricule. Toutes ces données ont aussi été incorporées dans le SIG.

### 3.3 Analyses génétiques

La méthode qui a été utilisée pour différencier les génotypes de roseau présents au Grand lac Saint-François est celle décrite par Saltonstall (2003b). Cette méthode utilise la technique de polymorphisme de longueur des fragments de restriction afin de distinguer le génotype M des génotypes indigènes. Les échantillons de feuille de roseau ont d'abord été congelés à -20 °C, puis lyophilisés avant analyse. L'ADN chloroplastique a ensuite été extrait selon la méthode décrite par Carling (2008). Deux régions non codantes présentant du polymorphisme (*trnT* (UGU) – *trnL* (UAA) et *rbcL* – *psaI*) ont par la suite été amplifiées par polymérisation en chaîne, puis soumis à une digestion enzymatique. Les enzymes de restriction utilisées sont le *RsaI* pour la région *trnT* (UGU) – *trnL* (UAA) et le *HhaI* pour la région *rbcL* – *psaI*.

### 3.4 Entrevues avec les propriétaires riverains

Des entrevues ont été réalisées avec 90 propriétaires riverains du Grand lac Saint-François, entre le 16 et le 22 juillet 2007, afin de recueillir des informations supplémentaires sur l'historique de la présence du roseau dans la région ou près des propriétés bordant le lac et sur la perception du phénomène d'invasion des rives du lac par cette plante. Les entrevues ont été menées dans les cinq municipalités riveraines, à la fois chez des propriétaires occupant leur résidence à l'année et chez ceux qui n'y sont présents que lors de la période estivale. Tous les propriétaires présents ont été rencontrés sur place dans la mesure où ils étaient disponibles. Cinq questions ont été posées



aux propriétaires qui étaient en mesure de reconnaître le roseau à partir d'une photographie ou d'une brève description : 1) Quand avez-vous remarqué la présence du roseau dans la région la première fois ? 2) Selon vous, à quel endroit autour du lac le roseau s'est-il d'abord installé ? 3) Selon vous, qu'est-ce qui explique la présence de cette plante autour du lac ? 4) Cette plante est-elle pour vous une nuisance ? 5) Si oui, avez-vous essayé de l'éliminer, et de quelle manière ? Les résultats des entrevues ont pu être spatialisés dans le SIG grâce aux adresses des répondants.

### 3.5 Traitement des données et analyses statistiques

Un calcul du coefficient de Spearman ( $r_s$ ) a été effectué afin de vérifier la présence d'une corrélation entre l'envergure (parallèlement à la rive) d'une population de roseau et la densité de ses tiges ou les variables environnementales mesurées à proximité. Avant de procéder à un traitement statistique des données permettant de déterminer quels sont les facteurs pouvant expliquer la présence du roseau à un endroit donné autour du Grand lac Saint-François, on a généré à l'aide du SIG quelques informations supplémentaires nécessaires à la construction du modèle. On a d'abord divisé le pourtour du lac en 488 tronçons de 250 m de longueur. Les rives des îles ont aussi été subdivisées en tronçons. Toutefois, les îles au périmètre inférieur à 200 m n'ont pas été prises en considération. Chaque tronçon a été catégorisé en fonction du fait qu'on y trouvait (ou pas) au moins une population riveraine de roseau. La distance de 250 m a été choisie puisqu'elle fournissait une échelle d'analyse du phénomène d'envahissement plus facile à interpréter par rapport aux dimensions du lac.

Un certain nombre d'informations propres à chaque tronçon ont été colligées grâce au SIG. On a ainsi déterminé à l'aide des cartes topographiques de la *Base de données topographiques du Québec* (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2000) le type d'occupation du sol (villégiature ou forêt) en bordure des tronçons et le point cardinal auquel la berge fait face (orientation de la rive). On a ensuite calculé, à l'aide du SIG, la distance euclidienne séparant chaque tronçon 1) de la population de roseau routière la plus proche, 2) de la route la plus proche (asphaltée ou non), 3) de la route asphaltée la plus proche, 4) de l'embouchure de l'affluent du lac le plus proche, 5) du seul exutoire du lac (barrage Jules-Allard), 6) de la résidence la plus proche et 7) de la résidence construite entre 1990 et 2006 la plus proche. Cette dernière information était pertinente dans la mesure où certains indices suggéraient, au début du projet, que l'envahissement du lac par le roseau était un phénomène récent et postérieur au début des années 1990 (Poulin &

Lidou, 2005). Compte tenu de l'échelle du territoire étudié et afin de faciliter l'interprétation des résultats, toutes les mesures de distances obtenues à l'aide du SIG ont été calculées par unité de 100 m. Cette unité de mesure permettait d'obtenir des résultats beaucoup plus parlants et interprétables à l'échelle du territoire étudié.

Les informations acquises sur les distances séparant les tronçons des divers éléments du milieu ont été soumises au test *U* de Mann-Whitney (Mann & Whitney, 1947). Il s'agit d'un test non paramétrique permettant de comparer différents groupes (soit les tronçons avec présence ou absence de roseau) afin de déterminer s'il existe ou non une différence significative entre eux. De cette façon, il a été possible d'identifier les caractéristiques particulières qui distinguent les tronçons avec présence de ceux où le roseau est absent.

Les facteurs pouvant expliquer la présence du roseau sur un tronçon donné autour du Grand lac Saint-François ont été identifiés à l'aide d'un modèle de régression logistique binaire. On a utilisé le logiciel *SPSS* (SPSS Inc., 2004) pour réaliser le modèle. Le lien possible entre les variables explicatives (Tableau 1) et la présence ou l'absence de roseau dans les tronçons a ainsi été testé.

**Tableau 1 :** Variables testées dans un modèle de régression logistique afin d'identifier les facteurs pouvant avoir une influence sur l'établissement du roseau commun au pourtour du Grand lac Saint-François.

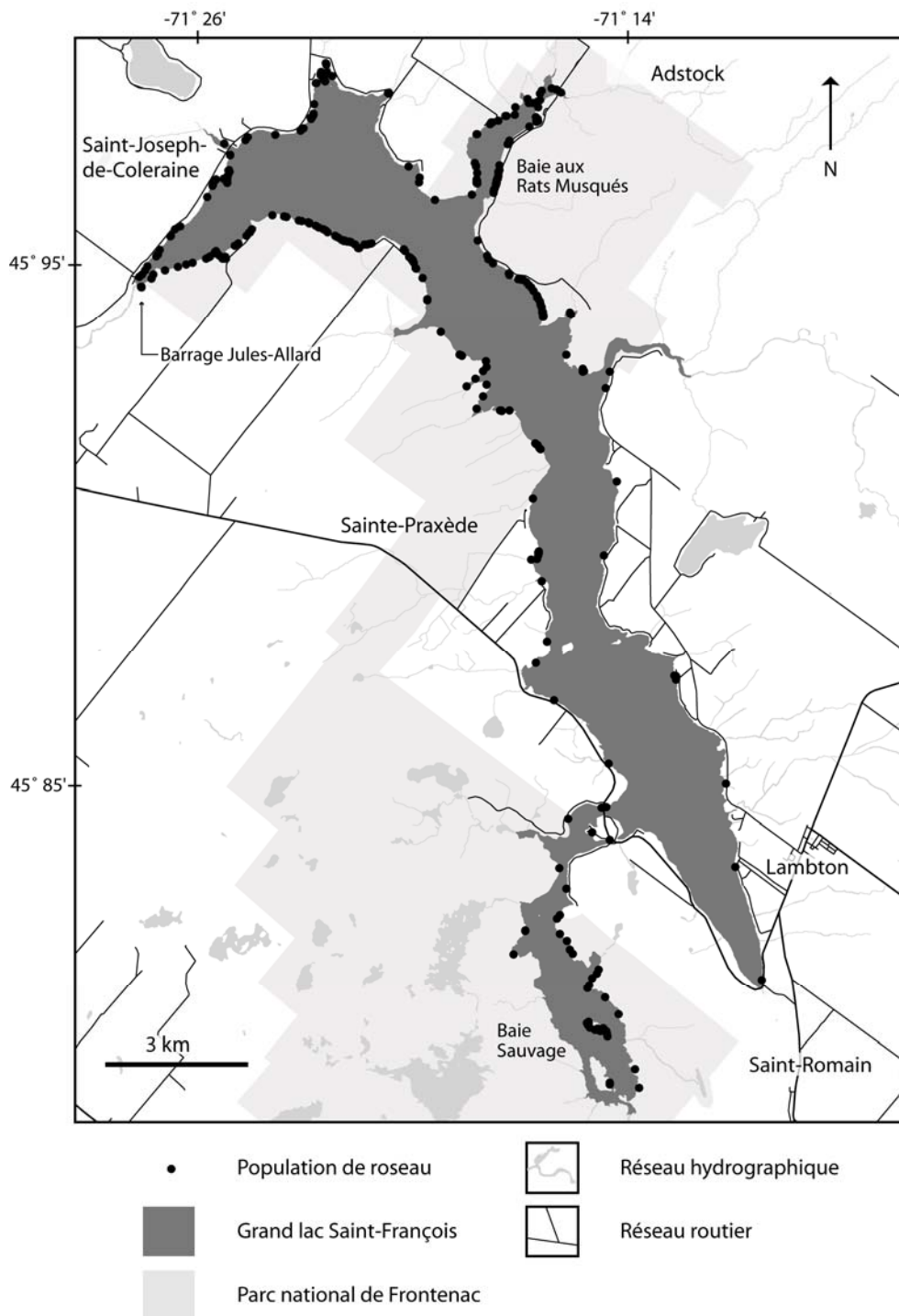
Variable dépendante	Variation indépendantes
Présence ou absence de roseau dans un tronçon de rive	Type d'occupation du sol en bordure du tronçon
	Orientation de la rive
	Distance à la population routière de roseau la plus proche
	Distance à la route la plus proche (asphaltée ou non)
	Distance à la route asphaltée la plus proche
	Distance à l'embouchure de l'affluent du lac le plus proche
	Distance à l'exutoire
	Distance à une résidence
	Distance à une résidence construite entre 1990 et 2006

## 4.0 Résultats

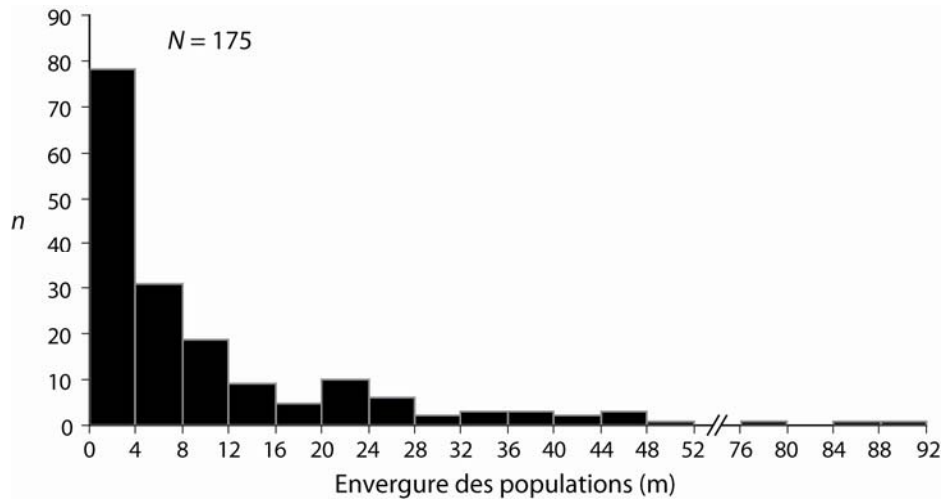
### 4.1 Populations riveraines de roseau commun

Au total, 345 populations de roseau ont été trouvées le long des 117 km de rives du Grand lac Saint-François (Fig. 2). Elles se répartissaient sur l'ensemble des rives, mais elles étaient particulièrement abondantes dans la partie nord du lac. Les deux grandes baies du lac, soit la baie aux Rats Musqués et la baie Sauvage, comptaient respectivement 57 et 45 populations de roseau. L'envergure des populations de roseau dans l'axe parallèle à la rive variait de moins de 1 m à 89 m, pour une médiane de 4,5 m. Des 175 populations de roseau dont la taille a été mesurée, 78 (45 %) avaient une envergure de moins de 4 m et 17 (10 %) avaient une envergure de plus de 28 m (Fig. 3). Ces 17 populations les plus étendues se situaient toutes dans la partie nord du lac, à l'exception d'une seule qui se trouvait dans la baie Sauvage (Fig. 4). Pour sa part, l'envergure moyenne des populations dans l'axe perpendiculaire à la rive était de 7 m, mais cette envergure pouvait atteindre 34 m par endroit.

La densité de tiges la plus élevée parmi les cinq quadrats échantillonnés au sein des populations trouvées variait de moins d'une tige à 76 tiges par mètre carré. Le calcul du coefficient de Spearman a révélé une corrélation positive entre la densité des tiges et l'envergure de la population dans l'axe parallèle à la rive ( $r_s$ : 0,568 ;  $P < 0,000$ ). Des 175 populations échantillonnées, 31 étaient situées complètement hors de l'eau, alors que la base de toutes les tiges de 56 autres populations était entièrement submergée. On a trouvé du roseau jusqu'à une profondeur d'eau maximale de 146 cm. Dans le quadrat situé au centre des populations de roseau, la profondeur de la couche d'eau variait de 0 à 76 cm, pour une moyenne de 15 cm. Dans 37 % des cas, le quadrat était situé hors de l'eau. Le coefficient de Spearman a indiqué la présence d'une corrélation positive entre la profondeur de la couche d'eau dans le quadrat et l'envergure d'une population de roseau dans l'axe parallèle à la rive ( $r_s$ : 0,237,  $P < 0,002$ ).



**Figure 2 :** Localisation des populations de roseau commun présentes sur les rives du Grand lac Saint-François en 2006.

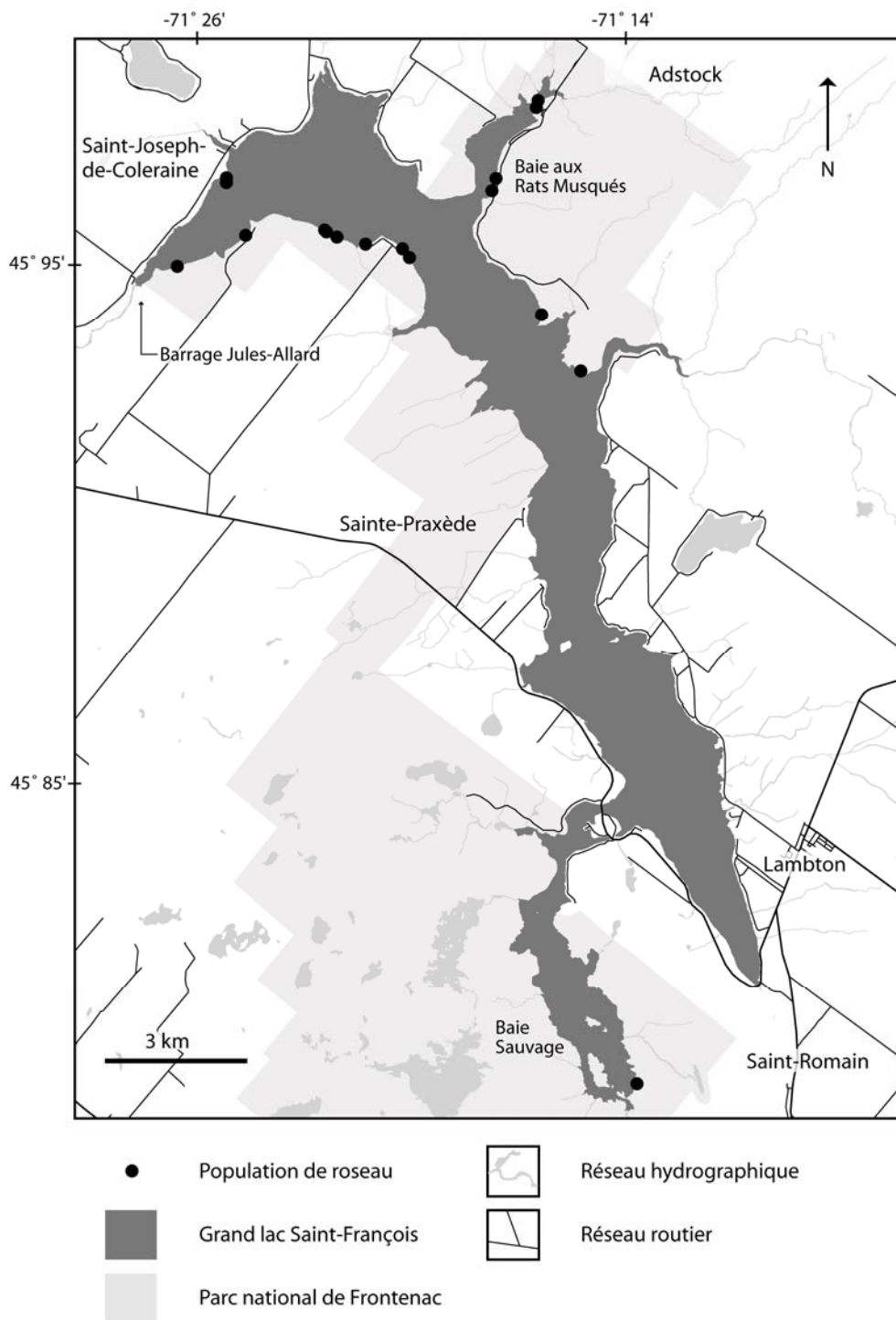


**Figure 3 :** Envergure des populations de roseau commun dans l’axe parallèle à la rive en bordure du Grand lac Saint-François.

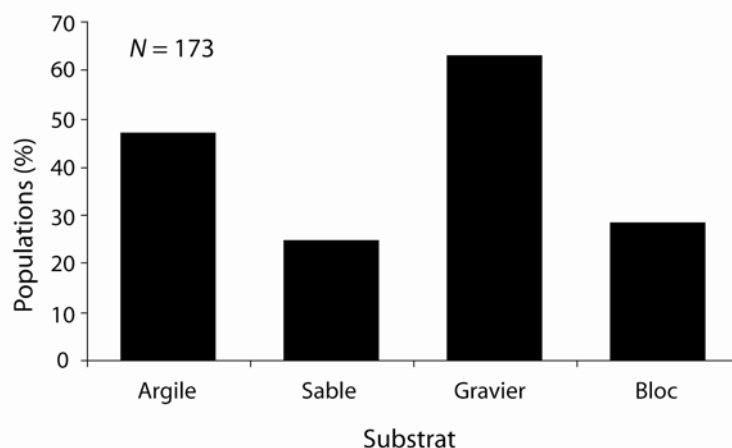
La mesure du pH de l’eau à proximité des populations de roseau était très variable au Grand lac Saint-François. Ces valeurs s’étendaient de 4,7 à 9,7. Toutefois, 53 % des valeurs de pH se situaient entre 7 et 8, pour une valeur moyenne de 7,5. D’autre part, le gravier et l’argile étaient les types de substrat sur lesquels on a trouvé le plus de populations de roseau (Fig. 5). Enfin, la majorité (70 %) des populations de roseau ont été trouvées près de terrains boisés, qui bordent pour leur part 60 % des berges du lac.

#### 4.2 Populations routières de roseau commun

Un total de 2 914 populations de roseau ont été identifiées aux abords des 615 km de routes inventoriés dans la région du Grand lac Saint-François. Les emprises routières les plus fortement occupées par le roseau étaient celles situées au nord du lac, et tout particulièrement le long de la route 267 (Fig. 1). Les emprises routières des routes principales étaient celles où on trouvait le plus de populations de roseau: on a recensé le long de ces routes la moitié des populations, alors qu’elles ne représentaient que 29 % de la longueur totale du réseau routier (Tableau 2). On a aussi trouvé cinq fois plus de populations de roseau le long des emprises routières des routes asphaltées que le long des emprises des routes gravelées, alors que les routes asphaltées ne représentaient que 55 % de la longueur du réseau.



**Figure 4 :** Localisation des 17 populations de roseau commun les plus étendues (en envergure, parallèlement à la rive) situées en bordure du Grand lac Saint-François et qui ont été mesurées au cours de l'été 2006.



**Figure 5 :** Composition du substrat supportant les populations de roseau commun en bordure du Grand lac Saint-François. La somme des pourcentages est supérieure à 100 % puisque différents types de substrat pouvaient supporter une seule et même population. Le nombre total de populations représentées est de 173 puisque deux populations ne pouvaient être classées dans une des catégories mentionnées, l’une croissant sur un sol gazonné composé de racines et l’autre, sur un sol organique.

**Tableau 2 :** Répartition des populations de roseau commun dans les emprises routières de la région ceinturant le Grand lac Saint-François selon le type de route en présence et le revêtement de la chaussée.

Type de route	Revêtement	Longueur du réseau (km)		Populations de roseau	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Principal	Asphalté	176,8	28,8	1 464	50,2
Secondaire	Asphalté	141,7	23,0	894	30,7
	Gravelé	182,9	29,8	306	10,5
Local	Asphalté	17,1	2,8	81	2,8
	Gravelé	96,1	15,6	169	5,8
Total		614,6	100,0	2 914	100,0

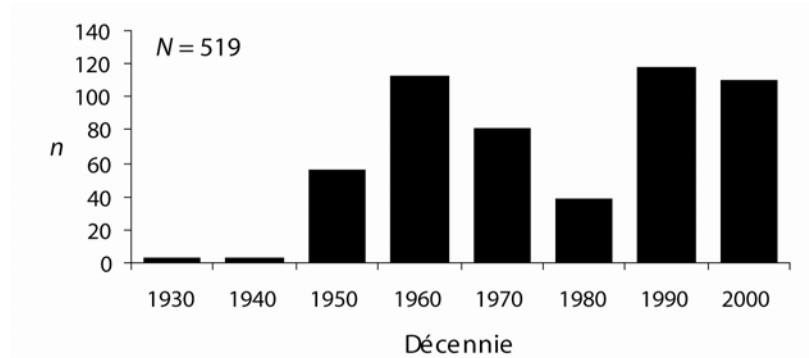
#### 4.3 Génétique du roseau commun

Les résultats des analyses génétiques confirment que toutes les populations de roseau présentes sur les rives du Grand lac Saint-François sont, sans exception, d’origine exotique (génotype M).

#### 4.4 Construction résidentielle autour du Grand lac Saint-François

L’inventaire des propriétés situées en bordure du Grand lac Saint-François a permis de déterminer l’année de construction de 519 résidences. Le développement résidentiel a débuté vers 1930 dans la partie nord du lac (Fig. 6 et 7). À l’origine, le pourtour du lac était occupé par de petits chalets. C’est surtout à partir de 1950 que la construction résidentielle s’est intensifiée. La majeure partie des rives du secteur nord était d’ailleurs occupée par des résidences dès la fin des années 1960. Ce n’est toutefois qu’à partir de la décennie 1990 que la construction résidentielle

s'est étendue dans la partie sud du lac. De 1990 à 2006, on a construit 44 % des résidences présentes en bordure du lac. Le tiers d'entre elles ont été construites dans la partie nord du lac, tout particulièrement dans les municipalités d'Adstock et de Saint-Joseph-de-Coleraine. Les nouvelles résidences qui ont été construites dans les 16 dernières années sont habitables à l'année. Beaucoup de petits chalets ont d'ailleurs été remplacés par des maisons plus vastes au cours de cette période.

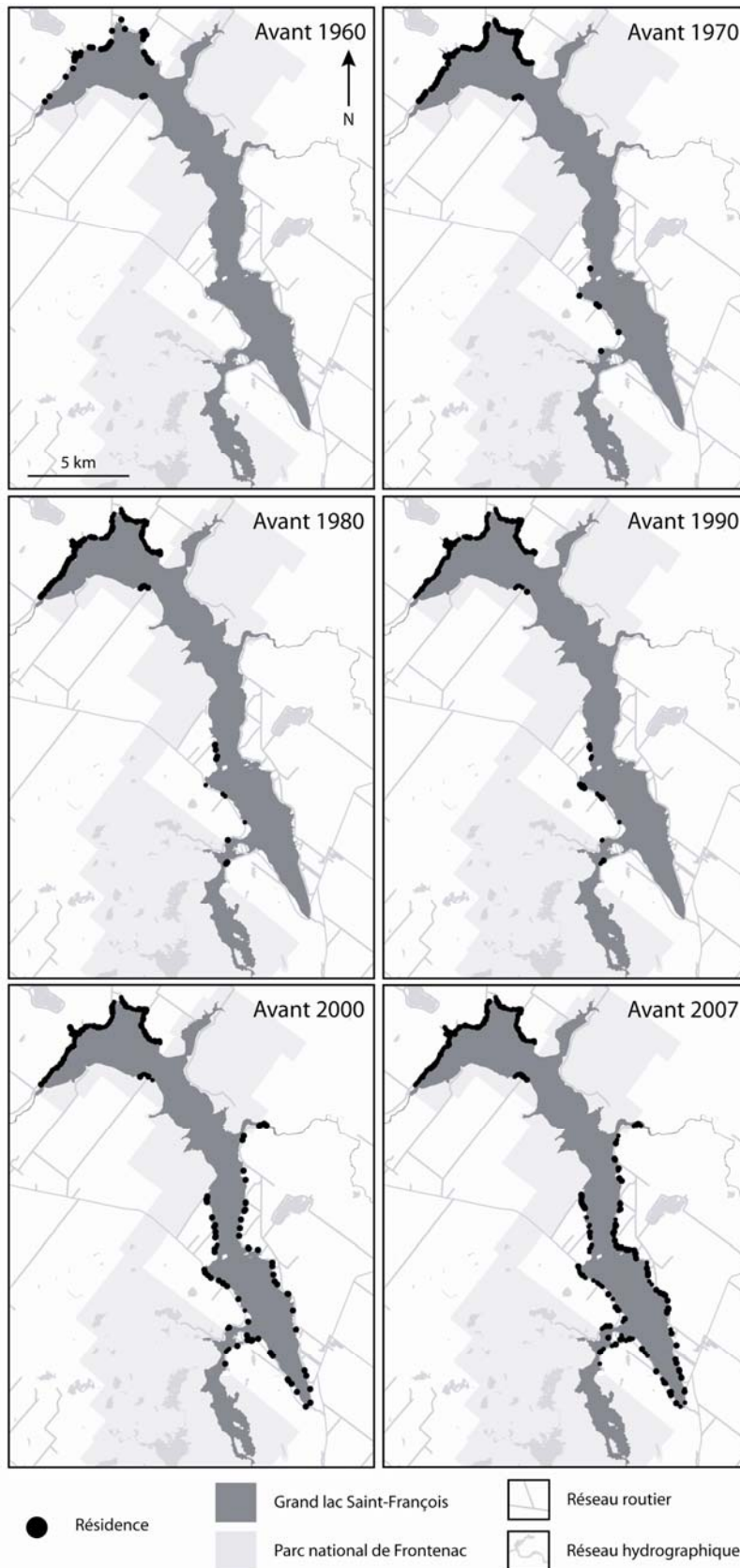


**Figure 6 :** Nouvelles constructions résiduelles en bordure du Grand lac Saint-François, selon la décennie. Pour la décennie 2000, les données sont colligées jusqu'en 2006 (inclusivement).

#### 4.5 Entrevues avec les propriétaires riverains

Quatre-vingt-dix entrevues ont été réalisées avec des propriétaires de résidences riveraines. Il faut toutefois noter que les personnes interrogées n'ont pas nécessairement répondu à toutes les questions. Quarante répondants (sur 81) estimaient avoir aperçu pour la première fois du roseau dans la région il y a moins de dix ans. L'année présumée du début du phénomène de colonisation du Grand lac Saint-François par le roseau variait selon les répondants, soit d'un an à plus de 50 ans. L'examen des réponses obtenues en fonction de la localisation de la résidence des répondants ne révèle aucun patron particulier : peu importe leur lieu de résidence, les riverains évaluent le moment du début de l'invasion à peu près de la même façon. Vingt personnes (sur 70) présumaient que le roseau s'était d'abord installé dans leur voisinage ou à proximité de leur propre résidence. Cela dit, 25 personnes ont tout de même mentionné que le roseau avait, selon elles, d'abord colonisé la région de Sainte-Praxède. Treize autres répondants ont aussi mentionné avoir d'abord aperçu le roseau le long des réseaux routiers de la région.





**Figure 7 :** Localisation des résidences installées en bordure du Grand lac Saint-François à différentes époques.

Les hypothèses les plus souvent citées afin d'expliquer la présence du roseau au Grand lac Saint-François varient énormément. Peu de personnes (36) osaient d'ailleurs se prononcer. Les riverains associaient pour la plupart la présence du roseau à d'autres enjeux environnementaux préoccupants dans la région, tels que la présence de résidences aux fosses septiques non conformes à la réglementation ou les grandes variations du niveau d'eau du lac. Huit répondants ont mentionné un lien possible entre les routes et le roseau.

Au moins 21 personnes ayant ou ayant eu du roseau sur leur propriété ont essayé de l'éliminer, soit par l'arrachage à la main des tiges et des rhizomes (12 personnes), la fauche (5), l'excavation avec ou sans machinerie (5), l'installation d'une membrane épaisse afin de limiter la croissance de la plante (2) et l'écrasement avec un véhicule tout-terrain (1). Dans la moitié des cas (11 personnes), la tentative a, semble-t-il, réussi. Les méthodes ayant permis d'éliminer le roseau sont l'arrachage à la main des tiges et des rhizomes, l'excavation et l'installation d'une membrane.

#### 4.6 Modèle de régression logistique

On trouvait du roseau dans environ le tiers (160 sur 488) des tronçons de 250 m de long générés autour du Grand lac Saint-François par le SIG. Les résultats du test  $U$  de Mann-Whitney sur les variables de distances montrent qu'il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ) entre les tronçons avec présence ou absence de roseau quant aux distances séparant ces tronçons d'une route asphaltée, de l'embouchure d'un affluent du lac, de l'exutoire du lac, de la résidence la plus proche ainsi que de la résidence construite entre 1990 et 2006 la plus proche.

L'analyse de régression logistique binaire rend compte de 27 % de la variation de la répartition du roseau sur les berges du Grand lac Saint-François. Elle révèle que quatre des neuf variables étudiées ont potentiellement une influence sur le roseau le long des rives du lac (Tableau 3). Il y aurait en effet un lien entre une plus grande proximité de l'exutoire et d'une route asphaltée et la présence d'un tronçon avec roseau. La probabilité de présence augmente donc avec une *diminution* de la distance couverte, d'où le signe négatif de la pente ( $\beta$ ). Au contraire, plus on est près d'une résidence construite après 1990 ou d'un affluent, moins on a de chance de trouver du roseau. Dans ce cas-ci, la probabilité de présence augmente avec une *augmentation* de la distance couverte, d'où le signe positif de la pente.

**Tableau 3 :** Modèle de régression logistique visant à circonscrire les facteurs pouvant avoir une influence sur l'établissement du roseau commun sur les rives du Grand lac Saint-François. Seuil de signification retenu :  $P < 0,05$ .

Variables significatives	$\beta$	Erreur-type	Wald	$P$	Exp. ( $\beta$ )
Distance à :					
- exutoire du lac	-0,015	0,002	39,342	0,000	0,985
- résidence construite après 1990	0,052	0,010	26,608	0,000	1,053
- embouchure d'un affluent du lac	0,071	0,021	11,144	0,001	1,073
- route asphaltée	-0,019	0,007	7,172	0,007	0,982
Constante	0,224	0,343	0,425	0,514	1,251

## 5.0 Discussion

Près de 350 populations de roseau occupent les berges du Grand lac Saint-François. Elles se répartissent sur l'ensemble des berges du lac, mais c'est surtout dans la partie nord du lac qu'on en trouve le plus, soit sur le territoire des municipalités de Saint-Joseph-de-Coleraine et de Sainte-Praxède. Toutes les populations de roseau sont du génotype exotique (M). Il existe un lien potentiel entre la présence du roseau en bordure du lac et la proximité de l'exutoire du lac et d'une route asphaltée. Le roseau est d'ailleurs non seulement abondant sur les berges du lac, mais aussi tout le long du réseau routier qui l'entoure, et particulièrement en bordure des routes asphaltées.

Identifier *a posteriori* (bien après le début de l'invasion) quels sont les facteurs qui sont responsables de la présence du roseau autour du Grand lac Saint-François n'est pas chose facile, notamment parce qu'il n'existe pas de méthode fiable permettant de reconstituer avec précision l'historique de l'envahissement. Il est en effet impossible de connaître l'âge exact d'une population de roseau comme on pourrait le faire, par exemple, avec des arbres (dénombrement des anneaux de croissance des troncs). La méthode de reconstitution des envahissements de roseau par photographies aériennes, telle que préconisée par Maheu-Giroux et de Blois (2005) ou Lavoie (2007), n'est guère utile dans le cas du lac car les photographies à haute résolution ne sont pas suffisamment nombreuses pour la courte période de temps considérée. Il est de plus douteux que les toutes petites populations en présence autour du lac puissent être détectées sur les photographies. On doit en conséquence analyser le phénomène avec une autre approche, en l'occurrence celle préconisée par MacDonald (1993) et Ritchie (1985). Cette approche, dérivée de la méthode de falsification d'hypothèses de Popper (1985), stipule qu'une hypothèse doit être considérée comme plausible tant et aussi longtemps que des indices clairs permettant de la rejeter

n'aient pas été obtenus. Les hypothèses sont donc acceptées ou rejetées, plutôt que prouvées ou réfutées. On ne peut pas bien sûr, de cette manière, identifier avec certitude tous les facteurs responsables d'un phénomène biogéographique, mais on peut à tout le moins éliminer les hypothèses de travail les moins vraisemblables, étape essentielle à la réalisation d'études ultérieures avec test d'hypothèse. On examinera donc avec cette approche dans les paragraphes qui suivent les hypothèses relatives à la présence du roseau en bordure du Grand lac Saint-François.

### 5.1 Routes autour du lac

Au Québec, le rôle des routes dans le phénomène de dissémination du roseau est bien connu (Lelong *et al.*, 2007; Maheu-Giroux & de Blois, 2007; Jodoin *et al.*, 2008). Les emprises routières des routes constituent en effet des milieux favorables à l'implantation et la croissance des populations, notamment parce qu'on y trouve abondance d'eau et de lumière, et qu'il y a peu de compétition avec les autres espèces végétales. Selon Lelong (2008), les routes asphaltées sont particulièrement propices à l'établissement des populations de roseau car elles 1) sont en général plus larges (les trouées qu'elles forment dans le paysage sont plus éclairées), 2) ont des canaux plus profonds (plus humides) et 3) ont des berges plus vastes (plus d'espace pour la croissance de la plante). Les populations de roseau installées le long des routes constituent d'importantes sources de diaspores (graines, fragments de tiges et de rhizomes) aptes à coloniser les milieux adjacents, comme les terres en culture ou les marais (Lavoie, 2007; Maheu-Giroux & de Blois, 2007).

Les emprises des routes de la région qui englobe la partie nord du Grand lac Saint-François sont fortement occupées par le roseau. Or, ce sont surtout les rives de la partie nord du lac qui sont colonisées par d'abondantes populations de roseau. On trouve d'ailleurs dans ce secteur plusieurs endroits où des routes (donc des corridors de dissémination du roseau) sont situées tout près du lac. La distance qui sépare les routes du lac peut être aussi faible que 30 m par endroit. Il est donc souvent facile pour une graine de roseau, avec l'aide du vent, de franchir la distance entre la route et la rive du lac. Cette hypothèse est appuyée par le modèle de régression logistique qui met en évidence un lien potentiel significatif entre la proximité d'une route asphaltée et la présence du roseau près du lac. En somme, les indices suggérant l'existence d'un lien entre le roseau des routes et celui du lac sont suffisamment nombreux pour retenir l'hypothèse selon laquelle la

proximité d'une route augmente les chances d'observer du roseau en bordure du Grand lac Saint-François.

L'hypothèse de la route, bien que valable, n'explique toutefois pas tout le phénomène d'envahissement du Grand lac Saint-François par le roseau. Par exemple, il y a plusieurs routes asphaltées près des rives de la partie sud du lac, et pourtant on ne trouve pas beaucoup de populations de roseau le long de ces rives. Pour sa part, la baie Sauvage est un des endroits autour du lac où les populations de roseau sont les plus abondantes, bien qu'elle ne soit pas entourée de routes asphaltées. Enfin, les routes asphaltées constituent la variable qui a le moins de poids dans le modèle de régression logistique qui a été constitué. D'autres hypothèses alternatives doivent donc être explorées.

## 5.2 Construction résidentielle autour du lac

Plusieurs travaux ont montré que les perturbations du sol des berges des milieux humides associées à la construction résidentielle contribuent à l'établissement et la croissance des populations de roseau (Pyle, 1995; Bertness *et al.*, 2002; Minchinton & Bertness, 2003; Silliman & Bertness, 2004; Meadows & Saltonstall, 2007). Les fertilisants souvent épandus sur les parterres gazonnés des résidences peuvent aussi, lorsqu'ils sont lessivés vers le milieu humide, fournir un avantage compétitif au roseau qui est particulièrement prolifique lorsque le sol qui le supporte contient beaucoup d'éléments nutritifs (Silliman & Bertness, 2004).

Le Grand lac Saint-François est entouré d'un grand nombre de résidences (près de 900) et seules les rives protégées par le parc national ne sont pas bâties. Le développement résidentiel autour du lac n'est pas récent, mais il s'est beaucoup accéléré depuis le début des années 1990. Lorsqu'un site est déboisé pour y construire une habitation, on y dénude le sol et on y fait du remblayage, ce qui crée des lits de germination favorables au roseau (Brisson *et al.*, 2008). On y ajoute aussi souvent de la terre en provenance de l'extérieur, terre qui peut être contaminée par des rhizomes de roseau. Certains propriétaires riverains enjolivent ensuite leur nouveau terrain en y plantant du roseau (M.-C. LeBlanc, observ. pers.). Tous ces facteurs pourraient contribuer d'une manière ou d'une autre à l'introduction et la dissémination du roseau le long des rives du Grand lac Saint-François.

Comme mentionné auparavant, le roseau est particulièrement abondant dans le secteur nord du lac. C'est aussi le secteur qui a été développé en premier pour la construction résidentielle et où

la densité d'habitations est la plus élevée. Cela dit, il n'y a pas de lien statistique entre la présence d'une résidence et la présence d'une population de roseau. Au contraire, plus l'on se rapproche d'une résidence construite après 1990, moins les chances de trouver du roseau sont élevées. De surcroît, la majorité (70 %) des populations de roseau ont été trouvées près de terrains boisés (donc non bâtis). Il est possible que le modèle de régression logistique soit en partie biaisé par le fait que quelques propriétaires riverains éliminent le roseau présent sur leur propriété, mais il n'y a pas de preuve à l'effet que les tentatives d'éradications soient généralisées autour du lac. En somme, comme aucun indice ne permet de supporter l'hypothèse d'un lien entre la construction résidentielle et le roseau riverain, cette hypothèse n'est pas retenue.

### 5.3 Affluents du lac

Les affluents jouent dans un paysage un rôle de corridor de dissémination de diaspores comparable à celui des routes (Johansson *et al.*, 1996; Parendes & Jones., 2000). Au Grand lac Saint-François, on peut émettre l'hypothèse que le grand nombre d'affluents (une soixantaine) contribue à l'apport de diaspores vers le plan d'eau. Les sites propices à la croissance du roseau et situés près des embouchures des ruisseaux qui se jettent dans le lac devraient donc être davantage colonisés par le roseau que les sites qui en sont éloignés. Le modèle de régression logistique effectué dans ce travail montre toutefois que plus l'on se rapproche de l'embouchure d'un affluent du Grand lac Saint-François, moins a-t-on de chances d'y trouver du roseau. Comme il n'y a aucun autre élément à l'appui de l'hypothèse, cette dernière n'est pas retenue.

### 5.4 Exutoire du lac

Le modèle statistique a révélé un lien potentiel (et inattendu) entre la proximité à l'exutoire du Grand lac Saint-François (le barrage Jules-Allard) et la présence d'une population de roseau. Il s'agit même de la variable qui a le plus de poids dans le modèle. Le barrage qui s'y trouve n'a probablement aucune influence sur le roseau. Par contre, c'est à cet endroit que s'évacue toute l'eau du lac. Il est plausible que le courant transporte naturellement une bonne quantité de diaspores vers l'exutoire, et donc aussi des graines et des fragments de tige de roseau. Cela expliquerait peut-être (en partie, du moins) pourquoi on trouve autant de populations de roseau dans la partie nord du lac où se trouve l'exutoire. Cette hypothèse doit donc être retenue.

## 5.5 Comment le roseau s'est-il introduit et répandu autour du Grand lac Saint-François ?

L'ensemble des données recueillies dans ce travail peut être utilisé pour proposer un scénario relatif au déroulement de l'invasion du Grand lac Saint-François par le roseau. Ce scénario est forcément spéculatif, mais il a le mérite de présenter une explication plausible du phénomène qui pourra éventuellement être testée lors d'études ultérieures.

Le roseau exotique (génotype M) est présent dans la région du Grand lac Saint-François depuis au moins 1965 (Lelong *et al.*, 2007). On ignore depuis combien de temps il a été introduit le long des rives du lac (début des années 1990 ?), mais cette introduction est probablement de nature accidentelle. Le scénario le plus probable est que des graines (ou des fragments de tige) de populations routières se soient disséminées des routes vers les rives du lac et aient ensuite germé, produisant ainsi de nouvelles populations. Il est vraisemblable que ce phénomène se soit d'abord produit dans la partie nord du lac, car c'est à cet endroit que se trouvent les populations routières de roseau les plus abondantes. C'est aussi dans la partie nord du lac que les populations riveraines de roseau sont les plus grandes, et donc probablement aussi celles qui sont les plus anciennes. Les populations riveraines fraîchement installées ont ensuite libéré leurs propres graines (ou fragments de tiges) dans l'eau, graines qui ont été transportées autour du lac au gré des vents et du courant, particulièrement vers le nord où se déversent les eaux du lac. Une partie de ces graines ont à leur tour germé dans les sites propices à cet effet et ont produit de nouvelles populations qui ont, au fil des ans, contribué elles-mêmes à la pluie de graines, amplifiant d'autant le phénomène d'invasion. La construction résidentielle a peut-être joué un certain rôle dans la dissémination du roseau, mais il n'y a pas d'indices à l'effet que ce rôle ait été prépondérant.

Une question demeure toutefois sans réponse : combien de populations fondatrices ont-elles été nécessaires pour engendrer un phénomène d'invasion aussi important ? Si le phénomène est aussi récent qu'on ne le suppose (moins d'une vingtaine d'années), il s'est produit à une vitesse remarquable. En général, plus le nombre de populations (ou d'individus) fondatrices est élevé, plus l'invasion se déroule-t-il de manière rapide (Mack, 1985). Cela dit, une espèce aussi prolifique que le roseau (une tige produit en moyenne 1 500 graines chaque année selon Coops et Vandervelde (1995)) n'a pas nécessairement besoin au départ d'un grand nombre de populations pour engendrer un envahissement massif, dans la mesure où les graines sont viables

et trouvent ça et là des conditions propices à leur germination. Or, une étude récente (J. Labbé, données non publiées) a montré que la diversité génétique des populations de roseau autour du Grand lac Saint-François est très élevée. La seule explication qui puisse expliquer une telle diversité est que la plupart des populations en présence soient issues d'un matériel génétique sexuellement recombéné, donc d'une graine. Si tel est le cas, alors les perspectives de contrôle de la plante en bordure des lacs sont plutôt sombres : il suffirait de quelques populations réparties ça et là près d'un plan d'eau pour envahir en très peu de temps une grande quantité de rives, puisque de toute évidence, le roseau produit des graines viables en grande quantité.

## **6.0 Conclusion et recommandations**

Ce projet de recherche sur le roseau du Grand lac Saint-François constitue, à ma connaissance, la première étude sur l'envahissement de milieux riverains lacustres par le roseau hors des Grands Lacs. Elle met en évidence le fait que le roseau, qui habituellement se trouve dans les milieux humides et les fossés de drainage, est aussi en mesure de coloniser très rapidement les rives de lacs de dimensions modestes (par rapport aux Grands Lacs). Plusieurs facteurs contribuent à l'envahissement, mais les routes qui ceinturent un lac forment assurément des corridors de dissémination très efficaces pour la plante. Même si cela reste à démontrer de manière formelle, l'envahissement des rives du Grand lac Saint-François a probablement débuté grâce à la dissémination de graines de roseau à partir des fossés de drainage routiers dans lesquels la plante s'est d'abord installée dans la région (de toute évidence).

Comme les routes jouent un rôle important dans la dissémination du génotype envahisseur de roseau (génotype M) au Québec, il serait judicieux d'éviter d'en construire à proximité des berges des plans d'eau ou encore de maintenir (ou créer de toute pièce) une lisière arborée constituant un obstacle au passage des diaspores des fossés des routes vers les berges des lacs. Le Ministère des Transports du Québec entreprendra pour sa part très bientôt (été 2009) un programme de plantation d'arbustes dans les fossés de route pour empêcher, par phénomène de compétition végétale, l'installation et la propagation du roseau le long de ces structures (Y. Bédard, Ministère des Transports du Québec, comm. pers.). Si l'expérience s'avère concluante, elle pourrait être reprise le long des routes qui ceinturent les lacs de manière à diminuer le plus possible la production de graines de roseau qui peuvent fortement contribuer à la prolifération de la plante, comme c'est le cas au Grand lac Saint-François.



On trouvait (été 2006) en bordure du Grand lac Saint-François près de 350 populations de roseau. À ces populations s'ajoutent celles (2 900) établies le long des emprises routières de la région qui entoure le lac. Il est impossible, avec des moyens légaux – donc sans l'usage de pesticides qui est proscrit au Canada dans le cas de cette plante – d'éradiquer le roseau (Lavoie, 2008). Il est toutefois possible d'identifier quels sont les endroits autour du lac où l'établissement de nouvelles populations de roseau (ou l'agrandissement des populations déjà établies) serait le plus nuisible, soit pour les activités récréotouristiques, soit pour la préservation de l'intégrité écologique de certains écosystèmes. En ce sens, la baie aux Rats Musqués est sans doute le secteur du lac où le plus d'efforts devraient être déployés afin de surveiller l'apparition de nouvelles colonies de roseau. Les deux marais qui s'y trouvent (l'un situé sur la rive gauche et l'autre à l'extrémité de la baie, près de la route) constituent des zones écologiques d'intérêt. Cela dit, ils représentent aussi l'habitat idéal du roseau : l'eau y est peu profonde et la compétition pour la lumière est faible puisque la végétation est surtout composée de graminées et d'arbustes. C'est aussi dans la baie aux Rats Musqués que se trouvent une rampe de mise à l'eau publique et la plage de Saint-Daniel, deux sites récréotouristiques d'importance pour le lac. En patrouillant les rives de la baie sur une base régulière, il serait facile d'y détecter les nouvelles populations de roseau et de poser les gestes nécessaires pour éviter qu'elles ne s'agrandissent. Dans le cas des petites populations, l'arrachage serait, semble-t-il, une méthode efficace, mais il importe alors de les détecter tôt pour être en mesure de les arracher à des coûts raisonnables.

Vu le nombre important de résidents autour du lac et leur influence considérable sur le milieu, il serait avantageux de diffuser, par le biais des différents organismes de la région comme le Parc national de Frontenac, l'Association des riverains du Grand lac Saint-François (ARGLSF) ou le Comité de gestion du bassin versant de la rivière Saint-François (COGESAF), de l'information sur le roseau ainsi que sur les saines pratiques d'aménagement des milieux riverains. Les actions individuelles posées sur les berges peuvent avoir des conséquences considérables sur la santé du plan d'eau, et peut-être aussi sur la dissémination du roseau. La diffusion d'information (brochure) sur le caractère envahissant et sur les conséquences de la présence du roseau sur les berges du lac contribuerait sans doute à ralentir quelque peu la propagation de la plante autour du lac.

## 7.0 Bibliographie

- Aiken, S. G., P. R. Newroth & I. Wile**, 1979. The biology of Canadian weeds. 34. *Myriophyllum spicatum* L. Canadian Journal of Plant Science, 59: 201-215.
- Bart, D. & J. M. Hartman**, 2000. Environmental determinants of *Phragmites australis* expansion in a New Jersey salt marsh: An experimental approach. Oikos, 89: 59-69.
- Bertness, M. D., P. J. Ewanchuk & B. R. Silliman**, 2002. Anthropogenic modification of New England salt marsh landscapes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99: 1395-1398.
- Blanch, S. J., G. G. Ganf & K. F. Walker**, 1999. Tolerance of riverine plants to flooding and exposure indicated by water regime. Regulated Rivers: Research and Management, 15: 43-62.
- Brisson, J., É. Paradis & M.-È. Bellavance**, 2008. Evidence of sexual reproduction in the invasive common reed (*Phragmites australis* subsp. *australis*; Poaceae) in eastern Canada : A possible consequence of global warming ? Rhodora (sous presse).
- Brönmark, C. & L.-A. Hansson**, 2002. Environmental issues in lakes and ponds: current state and perspectives. Environmental Conservation, 29: 290-307.
- Brönmark, C. & L.-A. Hansson**, 2005. The biology of lakes and ponds. 2<sup>ème</sup> édition. Oxford University Press, Oxford.
- Buchan, L. A. J. & D. K. Padilla**, 2000. Predicting the likelihood of Eurasian watermilfoil presence in lakes, a macrophyte monitoring tool. Ecological Applications, 10: 1442-1455.
- Burdick, D. M. & R. A. Konisky**, 2003. Determinants of expansion for *Phragmites australis*, common reed, in natural and impacted coastal marshes. Estuaries, 26: 407-416.
- Carling, J.**, 2008. DNA isolation according to Tanksley à la Paul modified by J. Carling. Triticarte Pty Ltd, North Ryde. URL : <http://www.triticarte.com.au/default.html> (consulté le 30 mai 2008).
- Chambers, P. A., P. Lacoul, K. J. Murphy & S. M. Thomaz**, 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. Hydrobiologia, 595: 9-26.
- Chambers, R. M., L. A. Meyerson & K. Saltonstall**, 1999. Expansion of *Phragmites australis* into tidal wetlands of North America. Aquatic Botany, 64: 261-273.
- Chambers, R. M., D. T. Osgood, D. J. Bart & F. Montalto**, 2003. *Phragmites australis* invasion and expansion in tidal wetlands: Interactions among salinity, sulfide, and hydrology. Estuaries, 26: 398-406.

- Coops, H. & G. Van der Velde**, 1995. Seed dispersal, germination and seedling growth of six helophyte species in relation to water-level zonation. *Freshwater Biology*, 34: 13-20.
- Creed, R. P.**, 1998. A biogeographic perspective on Eurasian watermilfoil declines: Additional evidence for the role of herbivorous weevils in promoting declines? *Journal of Aquatic Plant Management*, 36: 16-22.
- Cronk, J. K. & M. S. Fennessy**, 2001. *Wetland plants: Biology and ecology*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Dextrase, A. J. & N. E. Mandrak**, 2006. Impacts of alien invasive species on freshwater fauna at risk in Canada. *Biological Invasions*, 8: 13-24.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z.-I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A.-H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny & C. A. Sullivan**, 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81: 163-182.
- Géomatique Canada**, 2003. Base nationale de données topographiques (BNDT), cartes numériques 1 : 50 000, feuillets 021E10-11-14, 021L02-03. Ressources naturelles Canada, Ottawa.
- Haslam, S. M.**, 1972. *Phragmites communis* Trin. (*Arundo phragmites* L.,? *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel). *Journal of Ecology*, 60: 585-610.
- Hellings, S. E. & J. L. Gallagher**, 1992. The effects of salinity and flooding on *Phragmites australis*. *Journal of Applied Ecology*, 29: 41-49.
- Houde-Fortin, M.-A. & F. C. Gibeault**, 2007. Revue de littérature sur les composantes écologiques du Grand lac Saint-François - Impacts du marnage. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, Québec.
- Jodoin, Y., C. Lavoie, P. Villeneuve, M. Thériault, J. Beaulieu & F. Belzile**, 2008. Highways as corridors and habitats for the invasive common reed *Phragmites australis* in Quebec, Canada. *Journal of Applied Ecology*, 45: 459-466.
- Johansson, M. E., C. Nilsson & E. Nilsson**, 1996. Do rivers function as corridors for plant dispersal? *Journal of Vegetation Science*, 7: 593-598.
- King, R. S., W. V. Deluca, D. F. Whigham & P. P. Marra**, 2007. Threshold effects of coastal urbanization on *Phragmites australis* (common reed) abundance and foliar nitrogen in Chesapeake Bay. *Estuaries and Coasts*, 30: 469-481.
- Lavoie, C.**, 2007. Envahissement du roseau commun le long des corridors autoroutiers: état de situation, causes et gestion. Centre de recherche en aménagement et développement, Université Laval, Québec.

- Lavoie, C.**, 2008. Le roseau commun (*Phragmites australis*): une menace pour les milieux humides du Québec ? Rapport préparé pour le Comité interministériel du Gouvernement du Québec sur le roseau commun et pour Canards Illimités Canada, Québec.
- Lavoie, C., M. Jean, F. Delisle & G. Létourneau**, 2003. Exotic plant species of the St Lawrence River wetlands: A spatial and historical analysis. *Journal of Biogeography*, 30: 537-549.
- Lelong, B.**, 2008. La dissémination du roseau commun (*Phragmites australis*) dans le paysage québécois : une analyse spatio-temporelle. Thèse Ph.D., Université Laval, Québec.
- Lelong, B., C. Lavoie, Y. Jodoin & F. Belzile**, 2007. Expansion pathways of the exotic common reed (*Phragmites australis*): A historical and genetic analysis. *Diversity and Distributions*, 13: 430-437.
- MacDonald, G. M.**, 1993. Methodological falsification and the interpretation of palaeoecological records: The cause of the early Holocene birch decline in western Canada. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 79: 83-97.
- Mack, R. N.**, 1985. Invading plants: Their potential contribution to population biology. Dans *Studies in plant demography*. (Rédacteur J. White). Academy Press, Londres, p. 127-142.
- Maheu-Giroux, M. & S. de Blois**, 2005. Mapping the invasive species *Phragmites australis* in linear wetland corridors. *Aquatic Botany*, 83: 310-320.
- Maheu-Giroux, M. & S. de Blois**, 2007. Landscape ecology of *Phragmites australis* invasion in networks of linear wetlands. *Landscape Ecology*, 22: 285-301.
- Mann, H. B. & D. R. Whitney**, 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18: 50-60.
- MapInfo Corporation**, 2005. MapInfo Professional, version 8.0. MapInfo Corporation, Troy.
- Meadows, R. E. & K. Saltonstall**, 2007. Distribution of native and introduced *Phragmites australis* in freshwater and oligohaline tidal marshes of the Delmarva Peninsula and southern New Jersey. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 134: 99-107.
- Minchinton, T. E. & M. D. Bertness**, 2003. Disturbance-mediated competition and the spread of *Phragmites australis* in a coastal marsh. *Ecological Applications*, 13: 1400-1416.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec**, 2000. Base de données topographiques du Québec (BDTQ), cartes numériques 1:20 000, feuillets 21E14 102-201-202. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Québec.
- Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche**, 1986. Parc de Frontenac: le plan directeur d'aménagement. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, Direction de l'aménagement, Service des plans directeurs, Québec.

- Moody, M. L. & D. H. Les**, 2007. Geographic distribution and genotypic composition of invasive hybrid watermilfoil (*Myriophyllum spicatum* × *M. sibiricum*) populations in North America. *Biological Invasions*, 9: 559-570.
- Parendes, L. A. & J. A. Jones**, 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H. J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology*, 14: 64-75.
- Philipp, K. R. & R. T. Field**, 2005. *Phragmites australis* expansion in Delaware Bay salt marshes. *Ecological Engineering*, 25: 275-291.
- Pieterse, A. H. & K. J. Murphy**, 1990. Aquatic weeds : The ecology and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford University Press, Oxford.
- Pimentel, D., L. Lach, R. Zuniga & D. Morrison**, 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience*, 50: 53-65.
- Popper, K. R.**, 1985. Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique. Payot, Paris.
- Poulin, S & M.-A. Lidou**, 2005. Suivi des populations de roseau commun (*Phragmites communis*) du lac Saint-François situées au secteur Sainte-Praxède. Rapport d'étape 2005. Parc national de Frontenac, Lambton.
- Pyle, L. L.**, 1995. Effects of disturbance on herbaceous exotic plant species on the floodplain of the Potomac River. *American Midland Naturalist*, 134: 244-253.
- Ram, J. L. & R. F. McMahon**, 1996. Introduction: The biology, ecology, and physiology of zebra mussels. *American Zoologist*, 36: 239-243.
- Rice, D., J. Rooth & J. C. Stevenson**, 2000. Colonization and expansion of *Phragmites australis* in upper Chesapeake Bay tidal marshes. *Wetlands*, 20: 280-299.
- Ritchie, J. C.**, 1985. Late-Quaternary climatic and vegetational change in the Lower Mackenzie Basin, Northwest Canada. *Ecology*, 66: 612-621.
- Robitaille, A. & J.-P. Saucier**, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les Publications du Québec, Québec.
- Saltonstall, K.**, 2002. Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 2445-2449.
- Saltonstall, K.**, 2003a. Genetic variation among North American populations of *Phragmites australis*: Implications for management. *Estuaries*, 26: 444-451.

- Saltonstall, K.**, 2003b. A rapid method for identifying the origin of North American *Phragmites* populations using RFLP analysis. *Wetlands*, 23: 1043-1047.
- Sheldon, S. P. & R. P. Creed**, 1995. Use of a native insect as a biological control for an introduced weed. *Ecological Applications*, 5: 1122-1132.
- Silliman, B. R. & M. D. Bertness**, 2004. Shoreline development drives invasion of *Phragmites australis* and the loss of plant diversity on New England salt marshes. *Conservation Biology*, 18: 1424-1434.
- Smith, C. S. & J. W. Barko**, 1990. Ecology of Eurasian watermilfoil. *Journal of Aquatic Plant Management*, 28: 55-64.
- SPSS Inc.**, 2004. SPSS, version 13.0. SPSS Inc. Chicago.
- Trebitz, A. S. & D. L. Taylor**, 2007. Exotic and invasive aquatic plants in Great Lakes coastal wetlands: Distribution and relation to watershed land use and plant richness and cover. *Journal of Great Lakes Research*, 33: 705-721.
- Tulbure, M. G., C. A. Johnston & D. L. Auger**, 2007. Rapid invasion of a Great Lakes coastal wetland by non-native *Phragmites australis* and *Typha*. *Journal of Great Lakes Research*, 33: 269-279.
- Van Appledorn, M. & C. E. Bach**, 2007. Effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on mobility of three native mollusk species. *American Midland Naturalist*, 158: 329-337.
- Vanderploeg, H. A., T. F. Nalepa, D. J. Jude, E. L. Mills, K. T. Holeck, J. R. Liebig, I. A. Grigorovich & H. Ojaveer**, 2002. Dispersal and emerging ecological impacts of Ponto-Caspian species in the Laurentian Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1209-1228.
- Vasquez, E. A., E. P. Glenn, J. J. Brown, G. R. Guntenspergen & S. G. Nelson**, 2005. Salt tolerance underlies the cryptic invasion of North American salt marshes by an introduced haplotype of the common reed *Phragmites australis* (Poaceae). *Marine Ecology Progress Series*, 298: 1-8.
- Ward, J. M. & A. Ricciardi**, 2007. Impacts of *Dreissena* invasions on benthic macroinvertebrate communities: A meta-analysis. *Diversity and Distributions*, 13: 155-165.
- Wilcox, K. L., S. A. Petrie, L. A. Maynard & S. W. Meyer**, 2003. Historical distribution and abundance of *Phragmites australis* at Long Point, Lake Erie, Ontario. *Journal of Great Lakes Research*, 29: 664-680.
- Windham, L. & R. G. Lathrop**, 1999. Effects of *Phragmites australis* (common reed) invasion on aboveground biomass and soil properties in brackish tidal marsh of the Mullica River, New Jersey. *Estuaries*, 22: 927-935.