

Yvon Jodoin

**Le roseau commun (*Phragmites australis*) en bordure
des autoroutes du Québec: une étude génétique et biogéographique**

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

2006

Résumé

Le roseau commun (*Phragmites australis*) connaît une forte expansion de sa population dans les milieux humides nord-américains. Cette prolifération a débuté au 19^e siècle avec l'introduction d'un génotype de roseau d'origine eurasiatique. Au Québec, l'expansion du roseau coïncide avec le développement des infrastructures autoroutières entre 1963 et 1984. La construction des autoroutes semble donc avoir contribué à sa prolifération par la création de corridors de dissémination et d'habitats propices à son établissement. Pour en faire la démonstration, nous avons cartographié, en 2003, la distribution spatiale des colonies de roseau en bordure des autoroutes du Québec. Nous avons aussi échantillonné 260 colonies de roseau afin de déterminer quel génotype est présent en bordure des autoroutes. Toutes les mesures effectuées sur le terrain ont été incorporées dans un système d'information géographique afin de déterminer les principaux facteurs favorisant la prolifération du roseau en bordure des autoroutes. Globalement, 24 % des bas-côtés des autoroutes sont envahis par le roseau. Les bas-côtés les plus envahis sont situés dans le sud-ouest de la province. Les analyses génétiques indiquent que 99 % des colonies de roseau échantillonnées ont le même génotype eurasiatique (haplotype M) que celui qui prolifère sur la côte atlantique des États-Unis. Un modèle de régression logistique ordinaire montre que le degré d'occupation linéaire par le roseau dans les bas-côtés des tronçons autoroutiers tend à augmenter lorsque ces tronçons sont situés dans les régions les plus chaudes du Québec, lorsqu'ils ont été construits avant les années 1970 et lorsqu'ils traversent des zones d'agriculture intensive dominées par les grandes cultures comme le maïs ou le soja. Un modèle de régression linéaire multiple montre aussi que la largeur des colonies de roseau tend à augmenter lorsqu'elles se développent dans des bas-côtés très

larges, dans les régions les plus chaudes du Québec, lorsque les bas-côtés voient des milieux humides et dans les tronçons autoroutiers les plus anciens. Les colonies sont toutefois moins larges lorsqu'elles se trouvent à proximité de boisés. Ces derniers empêchent en effet les colonies de s'étendre au-delà des limites de l'emprise. Il semble donc possible de limiter l'expansion spatiale des colonies de roseau à l'extérieur des corridors autoroutiers par la plantation ou le maintien de bandes forestières ou arbustives à des endroits stratégiques.

Remerciements

Ce travail de recherche n'aurait pu être réalisé sans la collaboration et le soutien de plusieurs personnes auxquelles je tiens à exprimer ma reconnaissance. D'abord, je remercie mon directeur de recherche, M. Claude Lavoie, professeur à l'École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional (ÉSAD), pour m'avoir encouragé à poursuivre des études supérieures en me proposant ce projet de recherche. L'encadrement de qualité, les conseils judicieux et l'excellent soutien logistique qu'il m'a offert durant ces années d'étude ont grandement facilité la réalisation de ce projet. Je désire également remercier M. François Belzile, professeur au département de phytologie, pour avoir accepté de codiriger ce mémoire. Ses connaissances et ses recommandations ont été indispensables à la réalisation du volet génétique de ce travail. Je remercie aussi M. Paul Villeneuve, professeur à l'ÉSAD, pour sa disponibilité et ses précieux conseils lors du traitement statistique des données. Je remercie également M. Marius Thériault, professeur à l'ÉSAD, pour sa collaboration et ses commentaires pertinents lors de l'élaboration de mes tests statistiques et M. Gilles Houle, professeur au département de biologie, pour son travail d'évaluation du mémoire.

Je voudrais témoigner ma reconnaissance envers Mmes Caroline Dufresne et Annie Saint-Louis et M. Daniel Lachance qui m'ont assisté vaillamment au cours de ma campagne de terrain. J'ai particulièrement apprécié leur patience et leur bonne humeur durant ces longues journées passées dans l'environnement bruyant des autoroutes. Je dois aussi une fière chandelle à mon collègue, M. Benjamin Lelong, pour son assistance lors de la réalisation des analyses génétiques. Son expérience, sa minutie et son sens de l'humour ont rendu efficace et agréable le travail réalisé en laboratoire. Je désire également remercier

M. Julien Beaulieu qui est à l'origine de cette aventure génétique. En plus de nous avoir suggéré cette approche pour identifier le génotype des colonies de roseau, il a aussi contribué largement à la mise au point du protocole de laboratoire. Je ne voudrais pas non plus oublier Mme Martine Jean qui a si généreusement répondu à mes questions durant mes séances de travail en laboratoire.

Je voudrais remercier MM. François Théberge, Louis Dieumegarde et Francis Rioux pour l'excellent support informatique dont j'ai bénéficié au Centre de recherche en aménagement et développement. Je remercie également ma collègue, Mme Isabelle Simard, pour son aide lors de mon apprentissage du logiciel *Adobe Illustrator*[®], ainsi que pour son encouragement et ses commentaires pertinents lors de la rédaction de ce mémoire. Je tiens aussi à remercier MM. Yves Bédard, Martin Lafrance et Paul Bergeron du Ministère des Transports du Québec pour leur participation à ce projet.

J'exprime toute ma gratitude à ma conjointe de vie, Claudette Noiseux, pour son soutien, son encouragement, sa patience et sa compréhension durant ces années consacrées aux études. Je remercie aussi mes amis qui m'ont encouragé tout au long de la réalisation de ce projet.

Enfin, cette recherche a été rendue possible grâce au support financier du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et celui du Ministère des Transports du Québec (MTQ). La bourse d'étude que m'a accordée le CRSNG m'a permis de me consacrer entièrement à la réalisation de ce projet.

Table des matières

Résumé	i
Remerciements	iii
Table des matières	v
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des annexes	viii
1.0 Introduction	1
2.0 Aire d'étude	6
3.0 Méthodes	8
3.1 Échantillonnage sur le terrain.....	8
3.1.1 Inventaire de sections d'autoroute d'un kilomètre.....	9
3.1.2 Échantillonnage des colonies de roseau.....	9
3.2 Analyses génétiques.....	10
3.3 Construction d'un système d'information géographique.....	11
3.4 Analyse des données.....	14
3.4.1 Modèle de régression logistique ordinale.....	14
3.4.2 Modèle de régression linéaire multiple.....	15
4.0 Résultats	18
4.1 Répartition spatiale du roseau le long des autoroutes québécoises.....	18
4.2 Génotypes des colonies de roseau situées en bordure des autoroutes québécoises....	20
4.3 Modèles explicatifs de la présence du roseau le long des autoroutes québécoises....	21
4.3.1 Occupation linéaire des bas-côtés des autoroutes.....	21
4.3.2 Largeur des colonies de roseau.....	22
5.0 Discussion	24
6.0 Conclusion	27
7.0 Bibliographie	30
Annexe A : Protocole pour déterminer le génotype du roseau commun	36
Annexe B : Protocole pour l'extraction de l'ADN	39

Liste des figures

Figure 1 : Occupation linéaire des bas-côtés des autoroutes québécoises par le roseau commun en 2003.....	8
Figure 2 : Haie de roseau commun s'étendant sur plusieurs kilomètres le long de l'autoroute 20, dans le sud-ouest du Québec	19
Figure 3 : Haie de roseau commun s'étendant sur plusieurs kilomètres le long de l'autoroute 10, dans le sud-ouest du Québec	19
Figure 4 : Génotype des colonies de roseau commun échantillonnées au cours de l'été 2003 sur les bas-côtés des autoroutes québécoises	20
Figure 5 : Occupation linéaire du roseau commun dans les bas-côtés des autoroutes québécoises en fonction des trois variables indépendantes du modèle de régression logistique ordinaire qui ont une influence significative sur le degré d'occupation	22

Liste des tableaux

- Tableau 1 :** Listes des variables composant les matrices de données et des modèles statistiques utilisés pour comprendre la répartition ou l'étendue des colonies de roseau commun en bordure des autoroutes du Québec17
- Tableau 2 :** Modèle de régression logistique ordinaire servant à étudier la relation entre le degré d'occupation linéaire du roseau commun dans les bas-côtés des autoroutes québécoises et les principaux facteurs abiotiques, du paysage et du réseau autoroutier.....22
- Tableau 3 :** Modèle de régression linéaire multiple servant à étudier la relation entre la largeur des colonies de roseau commun le long des autoroutes québécoises et les principaux facteurs abiotiques, du paysage et du réseau autoroutier23

Liste des annexes

Annexe A : Protocole pour déterminer le génotype du roseau commun	36
Annexe B : Protocole pour l'extraction de l'ADN du roseau commun	39

1.0 Introduction

En Amérique du Nord, le réseau routier déploie ses tentacules sur des territoires immenses. Les longs corridors routiers qui fractionnent les paysages changent la dynamique des écosystèmes terrestres et aquatiques qu'ils traversent ou qui sont situés dans leur voisinage (Forman & Alexander, 1998, Trombulak & Frissell, 2000, Hawbaker & Radeloff, 2004). Aux États-Unis, les routes publiques s'étendent sur environ 6,3 millions de kilomètres et on estime qu'elles perturbent d'une manière ou d'une autre les processus écologiques de 15 à 22 % des paysages traversés (Forman, 2000, Riitters & Wickham, 2003). Les routes ont un impact particulièrement important sur la végétation que l'on trouve à proximité. Lors de leur construction, le couvert végétal est perturbé par l'ouverture du milieu, l'enlèvement des plantes, le remaniement des sols et la modification du drainage. Une fois la route construite, les végétaux sont affectés par la pollution automobile, les sels de déglçage, les fauches répétées et l'entretien des fossés. Ces perturbations favorisent la propagation d'espèces végétales exotiques souvent plus compétitives dans ces milieux que les espèces indigènes (Greenberg *et al.*, 1997, Forman & Alexander, 1998, Parendes & Jones, 2000, Trombulak & Frissell, 2000, Johnston & Johnston, 2004, Hansen & Clevenger, 2005). Les abords routiers figurent donc parmi les premiers éléments du paysage à être colonisés par les plantes exotiques (Wester & Juvik, 1983, Tyser & Worley, 1992, Gelbard & Belnap, 2003, Pauchard & Alaback, 2004).

Parmi les végétaux qui prolifèrent le long des routes, on trouve le roseau commun (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. *ex* Steud.; Poaceae), une des espèces les plus envahissantes des milieux humides nord-américains (Chambers *et al.*, 1999, Meyerson *et al.*, 2000, Bertness *et al.*, 2002). Cette plante vasculaire herbacée possède plusieurs

caractéristiques qui lui permettent de supplanter les autres végétaux, surtout dans les milieux perturbés (Marks *et al.*, 1994, Minchinton & Bertness, 2003, Hudon, 2004, Hansen & Clevenger, 2005). Grâce à sa très grande taille et ses organes souterrains abondants, la plante peut monopoliser les ressources en lumière et en matières nutritives disponibles dans un milieu (Meyerson *et al.*, 2000, Burdick & Konisky, 2003, Farnsworth & Meyerson, 2003, Windham & Meyerson, 2003). Sa vigoureuse propagation végétative lui permet d'étendre très rapidement ses colonies et de former des peuplements denses qui excluent les autres espèces (Mousseau, 1987, Gervais *et al.*, 1993, Marks *et al.*, 1994, Amsberry *et al.*, 2000, Hudon *et al.*, 2005). Sa grande plasticité la rend capable de s'adapter à diverses conditions climatiques (Haslam, 1975, Clevering *et al.*, 2001), à plusieurs types de substrat (Haslam, 1972, Gorenflot, 1976) et à des conditions de salinité moyenne (Matoh *et al.*, 1988, McNabb & Batterson, 1991, Lissner & Schierup, 1997, Mauchamp & Mésleard, 2001, Richburg *et al.*, 2001). Sa capacité d'adaptation à des niveaux d'eau variables et fluctuants permet au roseau non seulement de croître dans des milieux inondés mais aussi d'étendre ses colonies lorsque les conditions sont plus sèches (Haslam, 1970, Hudon *et al.*, 2005, Pagter *et al.*, 2005).

La sous-espèce *P. australis ssp. americanus* Saltonstall, P. M. Peterson & Soreng (Saltonstall *et al.*, 2004) est présente sur le continent nord-américain depuis plusieurs milliers d'années (Hansen, 1978, Pederson *et al.*, 2005). Par contre, ce n'est qu'au cours des deux derniers siècles que l'on observe une prolifération des colonies de roseau dans l'Est de l'Amérique du Nord (Chambers *et al.*, 1999, Minchinton & Bertness, 2003, Pederson *et al.*, 2005). Cette prolifération a débuté au début du 19^e siècle avec l'introduction sur la côte Atlantique d'un génotype de roseau (haplotype M) d'origine

eurasiatique (Saltonstall, 2002, 2003a, 2003b). Ce roseau exotique, qui serait plus compétitif que le roseau indigène (Vasquez *et al.*, 2005), est maintenant très répandu sur le continent nord-américain (Saltonstall *et al.*, 2004). Cela dit, le roseau exotique est surtout présent dans les milieux perturbés par l'homme. On peut donc émettre l'hypothèse que les activités humaines soient en partie responsables de sa prolifération (Saltonstall, 2003a).

Au Québec, le roseau connaît une forte croissance de sa population depuis les années 1960. Avant cette période, les colonies de cette espèce, bien que distribuées sur une grande partie du territoire québécois (jusqu'en Gaspésie et en Abitibi), étaient clairsemées et localisées (Dansereau, 1959, Rousseau, 1974, Marie-Victorin, 1995). Une étude historique réalisée à l'aide de spécimens d'herbier (Delisle *et al.*, 2003) a mis en évidence une expansion manifeste du nombre et de la répartition spatiale des colonies de roseau entre 1963 et 1984, expansion qui coïncide par ailleurs avec une forte augmentation des récoltes le long des routes. Or, cette période coïncide également avec le développement des infrastructures autoroutières de la province (Ministère des Transports du Québec, 1983). Il semble donc que les différents travaux routiers aient favorisé la dissémination du roseau au Québec, surtout près des grands centres urbains (Mousseau, 1987). Ces travaux faciliteraient la propagation de la plante par le biais du transport de fragments de rhizomes durant les opérations de nivelage, de creusage de fossés et d'épandage de terre ainsi que par la création de corridors de dissémination et d'habitats propices à son établissement (McNabb & Batterson, 1991, Gervais *et al.*, 1993, Marks *et al.*, 1994).

Les colonies de roseau peuvent avoir des effets bénéfiques pour la sécurité routière. Elles peuvent contribuer à diminuer l'éblouissement des phares et agir comme capteur de neige en période hivernale, réduisant ainsi la formation de glace sur la chaussée. Elles

peuvent également ralentir les véhicules qui effectuent des sorties de route. Cependant, les colonies très étendues banalisent le paysage et obstruent les percées visuelles. De plus, la litière produite par le roseau comble les canaux de drainage et nuit à leur efficacité. Les canaux de drainage agricole, qui sont souvent connectés aux canaux des routes et autoroutes, sont aussi affectés par ce phénomène (Vézina, 1989, Maheu-Giroux & De Blois, 2005). Le roseau tend d'ailleurs à s'établir dans les champs en culture à partir des colonies installées dans les canaux (Vézina, 1989), ce qui peut nuire au rendement des terres. Enfin, lorsque les autoroutes traversent des marais et des tourbières, elles constituent des voies de pénétration potentielle pour le roseau, ce qui représente une menace pour la biodiversité de ces terres humides.

La prolifération du roseau le long des autoroutes québécoises constitue peut-être la première étape d'une invasion à grande échelle du réseau routier ainsi que des milieux humides et des terres agricoles de la province. Or, on ne connaît pas la contribution exacte du réseau routier à la dissémination de cette espèce, ni au Québec, ni ailleurs dans le monde, pas plus d'ailleurs que les facteurs qui contribuent à l'établissement du roseau le long des routes. Notre étude a trois principaux objectifs: 1) établir le bilan cartographique de l'envahissement des abords autoroutiers du Québec par le roseau, 2) identifier le génotype de roseau (eurasiatique ou américain) responsable de cet envahissement et 3) déterminer les principaux facteurs favorisant la prolifération du roseau le long des autoroutes.

Nous émettons l'hypothèse que les abords des autoroutes québécoises sont envahis par le génotype exotique du roseau, c'est-à-dire le même génotype qui prolifère le long de la côte est des États-Unis. Nous supposons également que, pour le moment, la progression

du roseau le long des autoroutes situées dans le nord-est du Québec est ralentie essentiellement par des facteurs climatiques. En fait, nous émettons l'hypothèse que les conditions climatiques qui prévalent dans le nord-est du Québec n'empêchent pas l'établissement et la croissance du roseau, mais que la saison de croissance plus brève, caractéristique de cette région, ne permet pas à l'espèce d'y être aussi omniprésente le long des autoroutes que dans le sud-ouest québécois. Enfin, nous émettons l'hypothèse que certaines caractéristiques du réseau autoroutier et du paysage ont un impact sur l'expansion des populations de roseau. Plus précisément, nous présumons qu'on trouvera davantage de roseau en bordure des autoroutes: 1) qui reposent sur des dépôts argileux (en général mal drainés, donc propices à l'établissement du roseau), 2) qui traversent des terres humides (habitats très propices au roseau), 3) les plus vieilles (le roseau ayant eu plus de temps à sa disposition pour se propager le long des canaux de drainage), 4) qui sont situées dans un secteur où le réseau routier est dense (donc là où les habitats propices au roseau sont plus nombreux et étendus), 5) qui traversent des zones d'agriculture intensive (c'est-à-dire là où l'on fait beaucoup usage de fertilisants) et 6) qui n'ont pas de boisés contigus à leurs bas-côtés (les boisés nuisant à l'expansion des colonies de roseau hors des emprises routières).

2.0 Aire d'étude

Nous avons étudié la quasi-totalité des autoroutes du réseau québécois dans ce travail. Seules quelques autoroutes de l'île de Montréal et de Laval et d'une partie de la région de Québec n'ont pas été inventoriées, essentiellement parce que les abords sont peu propices à la croissance du réseau et pour des motifs de sécurité (échantillonnage). Nous avons donc étudié les bas-côtés de 13 autoroutes qui s'étendent sur une longueur totale d'environ 2 800 km (Figure 1). Dans cette étude, le mot *bas-côté* a pour signification la bande de terrain située entre la bordure extérieure de la chaussée et la limite de l'emprise (surface occupée par une route et ses dépendances) que possède le Ministère des Transports du Québec (MTQ). La majorité des autoroutes inventoriées sont localisées dans la vallée du fleuve Saint-Laurent à des altitudes de moins de 300 m et la plupart reposent sur des sols argileux. Les points les plus méridionaux de l'aire d'étude sont situés aux extrémités sud de l'autoroute 55 (45° 01' N., 72° 05' O.; frontière entre le Québec et l'état du Vermont) et de l'autoroute 15 (45° 01' N., 73° 27' O.; frontière entre le Québec et l'état de New York). Le point le plus septentrional et le plus oriental est localisé à l'extrémité nord-est de l'autoroute 20 (47° 56' N., 69° 26' O.; Saint-Georges-de-Cacouna). L'autoroute 20 est la plus longue du réseau autoroutier québécois. Elle s'étend sur une distance de 523 km et est disposée dans la même orientation sud-ouest – nord-est que celle du fleuve Saint-Laurent. C'est aussi à l'autre extrémité de l'autoroute 20 que se trouve l'un des deux points les plus occidentaux de l'aire d'étude (45° 13' N., 74° 18' O.; frontière entre le Québec et l'Ontario), l'autre étant situé à l'extrémité de l'autoroute 40 (45° 32' N., 74° 23' O.; frontière entre le Québec et l'Ontario).

Le territoire couvert par cette étude présente un gradient climatique important étant donné qu'il s'étend sur près de trois degrés de latitude et six degrés de longitude. Les données climatiques de sa partie la plus méridionale (station météorologique de Philipsburg) indiquent que, pour la période s'étendant de 1971 à 2000, la température annuelle moyenne était de 7 °C, la température moyenne du mois le plus froid (janvier) de -9 °C et celle du mois le plus chaud (juillet) de 21 °C. Le nombre de degrés-jours de croissance de plus de 5 °C était de 2 170. Les statistiques climatiques compilées pour la partie septentrionale de l'aire d'étude (station météorologique de Saint-Arsène) montrent un climat beaucoup plus froid. En effet, dans ce secteur, la température annuelle moyenne entre 1971 et 2000 était de 3 °C, la température moyenne du mois le plus froid (janvier) de -13 °C et celle du mois le plus chaud (juillet) de 18 °C. Le nombre de degrés-jours de croissance de plus de 5 °C était de 1 451 (Environnement Canada, 2002).

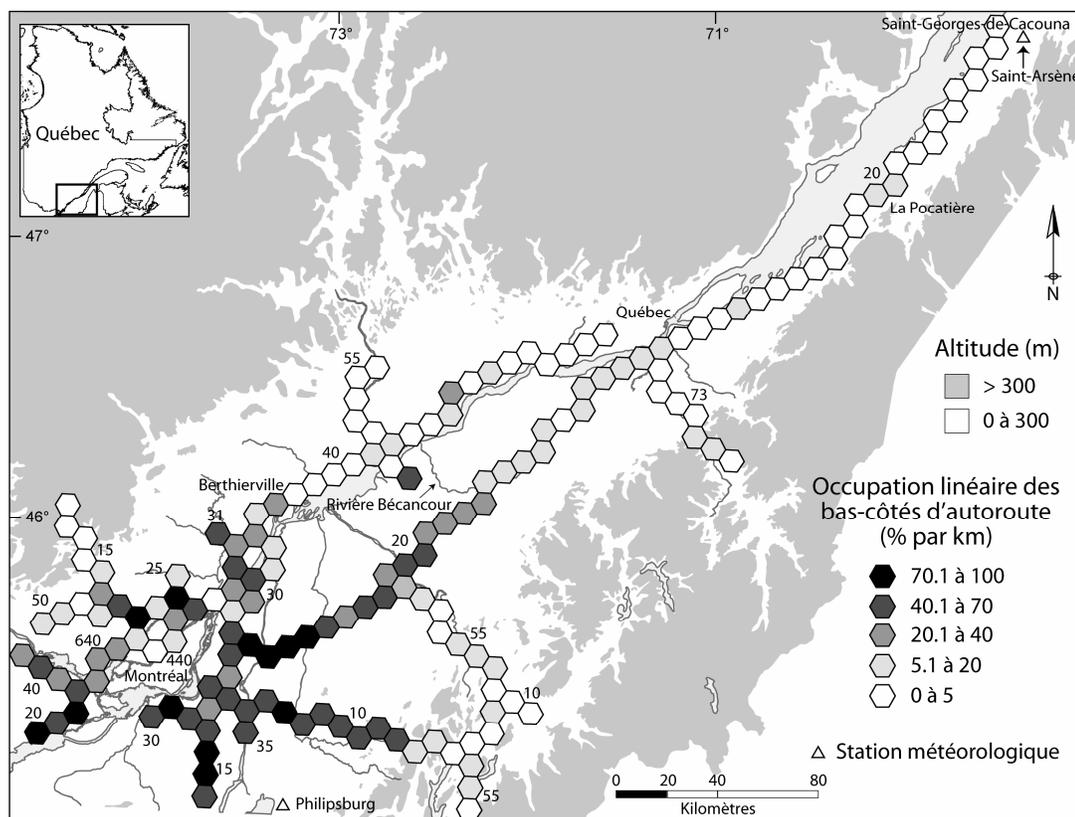


Figure 1. Occupation linéaire des bas-côtés des autoroutes québécoises par le roseau commun en 2003. Chaque hexagone couvre un segment d'autoroute de 10 km de long et indique le pourcentage moyen d'occupation des bas-côtés par le roseau au sein du segment. Les numéros des autoroutes sont indiqués sur la carte, ainsi que l'emplacement des localités mentionnées dans le texte.

3.0 Méthodes

3.1 ÉCHANTILLONNAGE SUR LE TERRAIN

Nous avons commencé l'inventaire du roseau en bordure des autoroutes au cours de la dernière semaine du mois de juillet 2003, c'est-à-dire à partir du moment où le déploiement des panicules du roseau facilite le repérage des individus. L'échantillonnage s'est terminé à la fin du mois d'août 2003. Les bas-côtés des autoroutes étaient la cible de l'inventaire. Pour des raisons de sécurité, nous avons échantillonné uniquement les bas-côtés des bordures extérieures des autoroutes; la section de l'emprise située entre les deux chaussées de chaque autoroute n'a donc pas été prise en considération. Nous avons utilisé

les bornes kilométriques installées le long des autoroutes comme repères géographiques sur le terrain.

3.1.1 Inventaire de sections d'autoroute d'un kilomètre

Au premier passage, nous avons mesuré la distance linéaire, parallèle à l'autoroute, occupée par les colonies de roseau dans les bas-côtés par section d'un kilomètre d'autoroute. Nous avons effectué cette mesure à bord d'un véhicule roulant à vitesse constante (90 km/h). Nous avons utilisé un chronomètre et mesuré le temps de passage devant les colonies entre deux bornes kilométriques. L'opération a été répétée à tous les deux kilomètres, soit les kilomètres pairs en direction ouest et nord et les kilomètres impairs en direction est et sud. Le temps de chronométrage a été transformé en une valeur d'occupation linéaire du bas-côté par le roseau pour chaque kilomètre de bas-côté inventorié à l'aide de l'équation suivante:

$$D = V \times T \quad [1]$$

où D est la distance linéaire (en mètres) occupée par le roseau à l'intérieur d'un kilomètre de bas-côtés, V est la vitesse du véhicule (en mètres par seconde) et T est le temps (en secondes) de passage devant les colonies de roseau entre deux bornes kilométriques. Un pourcentage d'occupation linéaire a ensuite été calculé pour les 1 359 sections d'un kilomètre d'autoroute inventoriées.

3.1.2 Échantillonnage des colonies de roseau

Après avoir établi la liste des sections d'autoroute d'un kilomètre avec présence de roseau – liste constituée à l'aide des données prélevées lors du premier passage le long des autoroutes – nous avons sélectionné 260 sections de façon aléatoire. Chaque section

sélectionnée a ensuite été revisitée lors d'un second passage pour procéder à une cueillette de données sur le terrain. Les données ont été prélevées dans la première colonie de roseau rencontrée après avoir franchi la borne kilométrique de la section d'autoroute sélectionnée. Nous avons mesuré la largeur maximale, perpendiculaire à l'autoroute, couverte par la colonie. Nous avons aussi mesuré la distance entre la limite de l'emprise et la fin de la colonie, si cette dernière s'étendait au-delà de l'emprise. Nous avons également décrit le milieu environnant chacune des stations à l'aide d'une des quatre catégories suivantes: 1) champ agricole (culture ou pâturage), 2) terre en friche, 3) forêt et 4) terre humide (marais, marécage, tourbière). De plus, nous avons noté la présence d'eau dans le canal de drainage. Enfin, nous avons prélevé des tissus végétaux (extrémité de feuilles) pour analyse génétique.

3.2 ANALYSES GÉNÉTIQUES

Nous avons procédé à des analyses génétiques par la technique du polymorphisme de longueur des fragments de restriction (PLFR) sur les 260 échantillons de tissus végétaux récoltés afin d'identifier les génotypes de roseau présents le long des autoroutes. Ces analyses ont été réalisées en trois étapes distinctes: 1) l'extraction de l'ADN chloroplastique des tissus végétaux, 2) l'amplification de deux régions non codantes de l'ADN chloroplastique présentant du polymorphisme (les espaces intergéniques *trnT* (UGU) – *trnL* (UAA) et *rbcL* – *psaL*), par la technique de réaction de polymérisation en chaîne (RPC) et 3) la digestion enzymatique de ces segments d'ADN. Nous avons utilisé deux protocoles bien établis pour ces analyses, soit un pour l'extraction de l'ADN des tissus végétaux (Edwards *et al.*, 1991) et un autre, pour distinguer le roseau exotique de l'indigène au moyen du polymorphisme RPC-PLFR (Saltonstall, 2003c).

Si nous avons utilisé le protocole d'Edwards *et al.* (1991) plutôt celui de Doyle & Dickson (1987) préconisé par Saltonstall (2003c) pour réaliser l'extraction de l'ADN des tissus de roseau, c'est parce qu'il est plus simple et plus rapide. Cependant, l'ADN obtenu par cette méthode est moins pur, ce qui a pour conséquence de réduire l'amplification de la région *rbcL – psaL*. Ce problème a cependant été résolu en doublant la dose d'amorce pour cette région lors de la réalisation de la RPC et en augmentant le nombre de cycles d'amplification (Annexe A).

Une seule variante a été apportée au protocole d'extraction de l'ADN d'Edwards *et al.* (1991). En effet, nous n'avons pas pu broyer manuellement les tissus végétaux à température ambiante à l'aide d'un pilon comme l'indiquait le protocole, les tissus étant trop coriaces pour procéder de cette manière. Nous les avons donc broyés à l'aide d'un agitateur après les avoir refroidis à l'azote liquide pour les rendre plus friables. Nous avons déposé une bille en tungstène à l'intérieur des microtubes et démarré l'agitateur pour qu'il fonctionne à un rythme de 28 tours par seconde pendant une minute (Annexe B).

3.3 CONSTRUCTION D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Nous avons incorporé toutes les données prélevées dans le cadre de cette campagne de terrain dans un système d'information géographique (SIG) en utilisant la géoréférence des bornes kilométriques fournie par le MTQ. Le SIG a été constitué en utilisant le logiciel *MapInfo Professionnal*[®] (MapInfo Corporation, 2003). Nous avons compilé les données dans deux matrices différentes, la première pour les sections d'un kilomètre de bas-côté et la seconde pour les stations d'échantillonnage. Nous avons aussi intégré au SIG d'autres bases de données permettant de raffiner l'analyse des résultats.

La première des bases de données intégrées au SIG, outre celles relatives à la collecte des données sur le terrain, contient des informations de nature climatique. Les 88 stations météorologiques du sud du Québec (Environnement Canada, 2002) ont d'abord été spatialisées. Les données illustrant la somme annuelle des degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C ont été extraites des bases de données relatives à chacune de ces stations. Ces données fournissent une bonne indication de la longueur de la saison de croissance pour les végétaux en un endroit donné. Une interpolation spatiale des données a été réalisée afin de permettre l'attribution d'une valeur de degrés-jours à chacun des tronçons autoroutiers de l'aire d'étude car les stations météorologiques, quoique nombreuses, ne sont pas réparties de façon uniforme sur tout le territoire. Nous avons employé pour ce faire la technique du krigeage (Legendre & Legendre, 1998) et le logiciel *Vertical Mapper*[®] (MapInfo Corporation, 2004).

La seconde base de données renferme des informations sur les dépôts de surface. Ces informations ont été extraites d'une carte produite par le Centre de recherche sur les terres et les ressources biologiques du Canada (1996). Cette carte (échelle: 1: 1 000 000) indique la nature des dépôts de surface dominants par zone homogène pour l'ensemble du Canada. Nous en avons extrait cinq variables binaires qui témoignent de la présence des dépôts 1) alluviaux, 2) fluvio-glaciaires, 3) lacustres, 4) marins (argileux) ou 5) morainiques.

Dans le SIG, on trouve une base de données indiquant l'âge des tronçons autoroutiers (Ministère des Transports du Québec, 1983, 2004). On trouve aussi une base de données cartographique illustrant l'ensemble du réseau routier numéroté du Québec (DMTI Spatial Inc., 2003). À l'aide de cette base de données, nous avons calculé la densité

du réseau routier en bordure des autoroutes. Une zone de 15 km de rayon a été circonscrite autour de chaque kilomètre d'autoroute ayant fait l'objet d'un inventaire (occupation linéaire du réseau). La longueur totale des routes incluses dans la zone a été calculée. La longueur totale a ensuite été divisée par la superficie totale de la zone couverte pour obtenir une mesure de la longueur du réseau routier par kilomètre carré. Il est à noter que le rayon de 15 km a été choisi parce que plusieurs tronçons d'autoroutes au Québec sont situés près du fleuve Saint-Laurent. Or, ce rayon est celui qui permet de circonscire la plus grande surface possible sans empiéter constamment sur le fleuve. Cela permet donc de donner un portrait plus fidèle de la densité routière.

Une autre base de données (Jobin *et al.*, 2003) incorpore des éléments d'information sur les paysages qui caractérisent les régions traversées par les autoroutes. Les variables extraites de cette base sont également binaires et témoignent de la présence de paysages dominés: 1) par des champs agricoles avec grandes cultures commerciales (maïs, soja, céréales, etc.), 2) par des champs agricoles consacrés à la production de fourrages (fermes laitières), 3) par une proportion deux fois plus élevée (en superficie) de forêts par rapport aux champs agricoles et 4) uniquement par les forêts.

Enfin, nous avons compilé et introduit dans le SIG une autre variable binaire témoignant de la présence de boisés en bordure des bas-côtés des autoroutes. Les données relatives aux boisés ont été extraites des bases de données contenues dans les cartes (échelle: 1: 50 000) du Ministère des Ressources naturelles du Canada (2003).

3.4 ANALYSE DES DONNÉES

3.4.1 *Modèle de régression logistique ordinale*

La première matrice de données que nous avons construite à partir de l'inventaire des sections d'un kilomètre de bas-côté a été conçue pour analyser la répartition spatiale du roseau le long du réseau autoroutier (Tableau 1). Elle a aussi été conçue pour étudier la relation entre l'occupation linéaire des bas-côtés par le roseau (variable dépendante) et les principaux facteurs abiotiques, du paysage et du réseau autoroutier pouvant favoriser la prolifération du roseau. Cette relation a été statistiquement étudiée par le biais d'un modèle de régression logistique ordinale (Clogg & Shihadeh, 1994, Menard, 1995, Hébert, 1998, Guisan & Harrell, 2000). Nous n'avons pas utilisé un modèle de régression linéaire multiple parce que les données continues de la variable dépendante ne sont pas distribuées normalement et qu'il n'a pas été possible de les normaliser. Cette situation contrevient à un postulat de base de la régression linéaire multiple (Weisberg, 2005). De plus, le regroupement en classes des données qui est fait dans les modèles de régression logistique ordinale permet de minimiser les erreurs de mesure découlant de la méthode d'échantillonnage. Pour mener à bien l'analyse, nous avons utilisé le *Polytomous Universal Model* (PLUM) avec la fonction log-log complémentaire du logiciel *SPSS* (SPSS, 2003). Nous avons cependant utilisé le test VIF disponible dans le modèle de régression linéaire multiple du logiciel *SPSS* (SPSS, 2003) afin de s'assurer de l'absence de multicollinéarité dans l'analyse.

Nous avons partagé les pourcentages d'occupation linéaire en trois classes. Le nombre de classes a été établi à partir d'un histogramme de fréquences qui a permis de faire

ressortir deux discontinuités dans la distribution des valeurs. La première discontinuité se trouve après les valeurs de 0 % (donc avec absence de roseau), qui représentent près du tiers des sections d'un kilomètre de bas-côtés d'autoroute. La deuxième discontinuité se trouve à la valeur de 40 %. Les trois classes (0 %, 0,1 à 40 %, 40,1 à 100 %) ont des fréquences semblables. L'homogénéité des classes a été testée à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA).

Nous avons divisé de façon aléatoire la matrice originale et utilisé deux jeux de données ($N = 723$ et $N = 636$) dont les ordinations ont été comparées (Guisan & Harrell, 2000). Cette opération a permis d'effectuer un tri dans les variables indépendantes. Les variables retenues devaient, d'une part, montrer un seuil de signification plus petit que 0,05 et, d'autre part, présenter des valeurs de coefficient β comparables d'un modèle à l'autre (valeurs comprises à l'intérieur des intervalles données par l'erreur-type). Le coefficient β dans une régression logistique ordinale représente l'impact d'un changement d'une unité dans la valeur d'une variable indépendante sur la probabilité que la variable dépendante appartienne à une classe plutôt qu'à une autre. Une fois toutes ces opérations effectuées, le modèle a été appliqué à l'ensemble du jeu de données ($N = 1359$).

3.4.2 Modèle de régression linéaire multiple

La deuxième matrice de données, construite à partir de l'inventaire des stations d'échantillonnage, a été conçue pour analyser la répartition spatiale des différents génotypes de roseau (Tableau 1). Elle a aussi été conçue pour étudier la relation entre la largeur des colonies (variable dépendante) et les principaux facteurs abiotiques, du paysage et du réseau autoroutier pouvant favoriser la prolifération du roseau. À la différence de la

première matrice, certaines variables du milieu proviennent des observations recueillies sur le terrain: les quatre variables caractérisant le type de milieu adjacent à la station, la largeur des bas-côtés et la présence d'eau dans le canal de drainage. Les autres variables indépendantes ont été sélectionnées parmi celles utilisées dans la première matrice constituée pour la régression logistique ordinale. La relation entre ces variables et la largeur des colonies a été statistiquement étudiée par le biais d'un modèle de régression linéaire multiple (Dodge, 1999, Weisberg, 2005) calculé à l'aide du logiciel *SPSS* (SPSS, 2003).

Tableau 1. Liste des variables composant les matrices de données et des modèles statistiques utilisés pour comprendre la répartition ou l'étendue des colonies de roseau commun en bordure des autoroutes du Québec.

Matrice	Variable dépendante	Variation indépendantes	Modèle statistique
Sections d'un kilomètre de bas-côté (N = 1359)	Occupation linéaire des bas-côtés par le roseau (%)	<p>Dépôts de surface</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) alluvionnaires 2) fluvio-glaciaires 3) lacustres 4) marins 5) morainiques <p>Paysages</p> <ul style="list-style-type: none"> 6) avec champs agricoles (grandes cultures) 7) avec champs agricoles (fourrages) 8) agricoles et forestiers 9) forestiers <p>Autres</p> <ul style="list-style-type: none"> 10) nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C 11) âge de l'autoroute 12) densité du réseau routier 13) boisés près de l'autoroute 	Régression logistique ordinale
Stations d'échantillonnage (N = 260)	Largeur des colonies de roseau (m)	<p>Dépôts de surface</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) alluvionnaires 2) fluvio-glaciaires 3) lacustres 4) marins 5) morainiques <p>Paysages</p> <ul style="list-style-type: none"> 6) avec champs agricoles (grandes cultures) 7) avec champs agricoles (fourrages) 8) agricoles et forestiers 9) forestiers <p>Milieus adjacents aux stations</p> <ul style="list-style-type: none"> 10) champ agricole, pâturage 11) friche 12) boisé 13) terre humide <p>Autres</p> <ul style="list-style-type: none"> 14) nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C 15) âge de l'autoroute 16) densité du réseau routier 17) présence d'eau dans le canal de drainage 18) largeur des bas-côtés 	Régression linéaire multiple

4.0 Résultats

4.1 RÉPARTITION SPATIALE DU ROSEAU LE LONG DES AUTOROUTES QUÉBÉCOISES

Sur les 1 359 km de bas-côtés d'autoroutes québécoises échantillonnés au cours de l'été 2003, 906 (67 %) étaient occupés par le roseau dans des proportions variables. Mises bout à bout, les colonies de roseau s'étendaient sur une distance de 324 km, soit 23,8 % des 1 359 km de bas-côtés inventoriés. On trouve les plus forts pourcentages d'occupation linéaire des bas-côtés par le roseau dans le sud-ouest de la province (Figure 1). Dans ce secteur, les autoroutes sont souvent bordées de haies de roseau longues de plusieurs kilomètres (Figures 2 et 3). Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de ces régions, les colonies de roseau occupent de moins en moins d'espace et sont de plus en plus dispersées. Dans les bas-côtés des autoroutes 10 et 15, la transition des secteurs de forte à faible occupation linéaire est rapide lorsque les autoroutes pénètrent dans des zones montagneuses. Dans les bas-côtés de l'autoroute 40, on passe rapidement d'une zone de forte occupation linéaire à une zone de faible occupation lorsque l'autoroute atteint les abords du lac Saint-Pierre aux environs de Berthierville. Dans les bas-côtés de l'autoroute 20, la transition est plus graduelle. On remarque cependant une diminution marquée de l'occupation linéaire des bas-côtés par le roseau au-delà de la rivière Bécancour, en direction de Québec. Les tronçons de l'autoroute 20 situés au nord-est de la région de Québec sont pour leur part peu envahis, quoiqu'on trouve ça et là, et particulièrement dans la région de La Pocatière, quelques colonies plus importantes.



Figure 2. Haie de roseau commun s'étendant sur plusieurs kilomètres le long de l'autoroute 20, dans le sud-ouest du Québec (photographie: Y. Jodoin).



Figure 3. Haie de roseau commun s'étendant sur plusieurs kilomètres le long de l'autoroute 10, dans le sud-ouest du Québec (photographie: Y. Jodoin).

4.2 GÉNOTYPES DES COLONIES DE ROSEAU SITUÉES EN BORDURE DES AUTOROROUTES QUÉBÉCOISES

Les analyses génétiques indiquent que la très grande majorité (99 %) des colonies de roseau échantillonnées a un génotype exotique. En effet, 257 des 260 échantillons analysés ont le même génotype eurasiatique (haplotype M) que celui qui prolifère dans le Nord-Est des États-Unis, particulièrement le long de la côte Atlantique et dans la région des Grands Lacs (Saltonstall, 2002). Les trois colonies où le génotype indigène a été identifié sont localisées à proximité du fleuve Saint-Laurent. Les deux premières ont été trouvées près du lac Saint-Pierre et la troisième, à Saint-Roch-des-Aulnaies, à l'est de Québec (Figure 4).

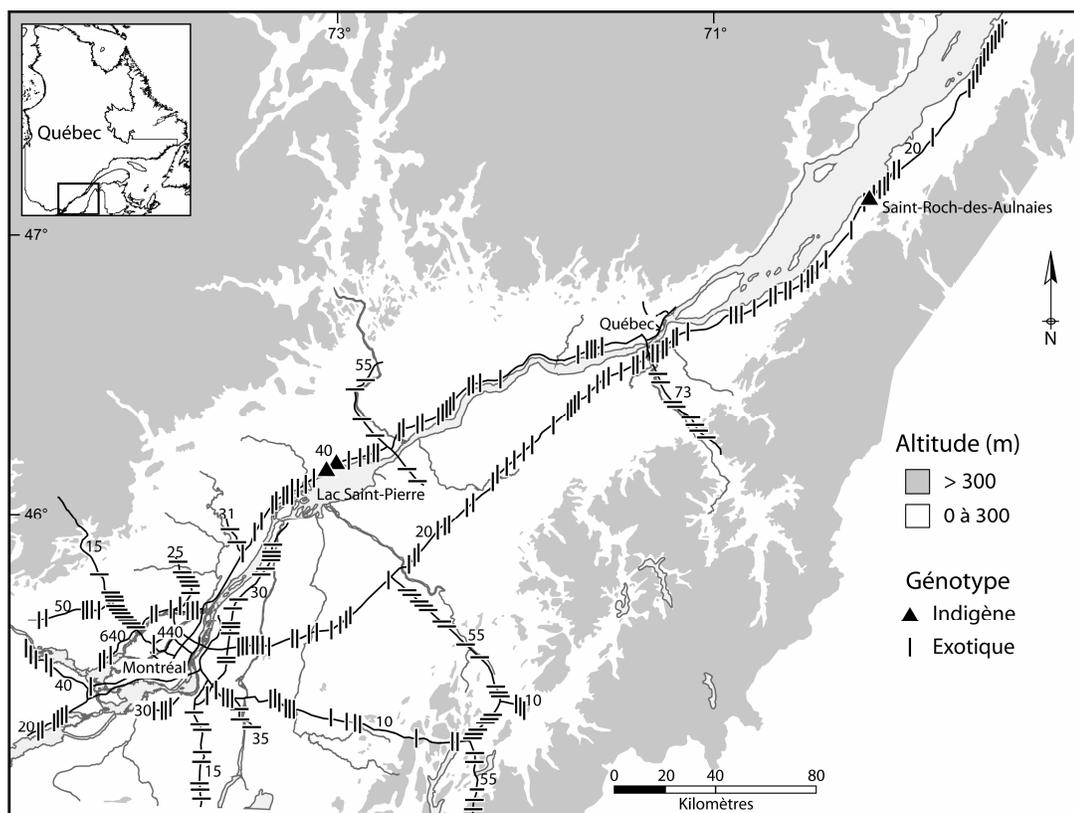


Figure 4. Génotype des colonies de roseau commun échantillonnées au cours de l'été 2003 sur les bas-côtés des autoroutes québécoises.

4.3 MODÈLES EXPLICATIFS DE LA PRÉSENCE DU ROSEAU LE LONG DES AUTOROUTES QUÉBÉCOISES

4.3.1 Occupation linéaire des bas-côtés des autoroutes

Le modèle de régression logistique ordinale (Tableau 2) montre que trois variables parmi les 13 testées ont une influence significative ($P < 0,001$) sur le degré d'occupation linéaire du roseau le long du réseau autoroutier. L'influence relative de chacune des variables indépendantes est indiquée par la statistique de Wald. Dans l'ordre, les variables avec influence sont le nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C, l'âge de l'autoroute et le paysage dominé par des champs agricoles avec grandes cultures commerciales. Les coefficients de régression (β) associés à chacune de ces variables ont des valeurs positives. Le degré d'occupation linéaire par le roseau dans les bas-côtés des tronçons autoroutiers tend donc à augmenter lorsque ces tronçons sont situés dans les régions les plus chaudes du Québec (nombre de degrés-jours au-dessus de 5 °C $\geq 1\ 885$), lorsqu'ils ont été construits avant les années 1970 et lorsqu'ils traversent des zones d'agriculture intensive dominées par les grandes cultures comme le maïs ou le soja (Figure 5). Le R^2 de Nagelkerke donne une indication de la performance du modèle. Plus il se rapproche de 1, plus le modèle est performant. Dans ce modèle, le R^2 de Nagelkerke a une valeur 0,424.

Tableau 2. *Modèle de régression logistique ordinaire servant à étudier la relation entre le degré d'occupation linéaire du roseau commun dans les bas-côtés des autoroutes québécoises et les principaux facteurs abiotiques, du paysage et du réseau autoroutier.*

Variables significatives	β	Erreur-type	Wald	Signification
Nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C	0,354	0,019	350,4	$P < 0,001$
Âge de l'autoroute	0,029	0,004	43,8	$P < 0,001$
Paysage dominé par des champs agricoles avec grandes cultures commerciales	0,654	0,168	15,2	$P < 0,001$

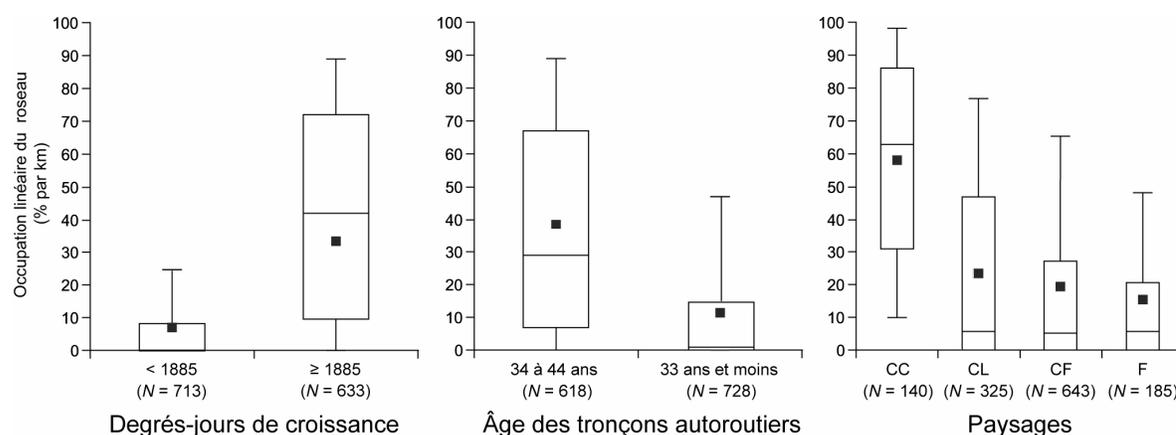


Figure 5. *Occupation linéaire du roseau commun dans les bas-côtés des autoroutes québécoises en fonction des trois variables indépendantes du modèle de régression logistique ordinaire qui ont une influence significative sur le degré d'occupation, soit le nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C, l'âge des tronçons autoroutiers et le type de paysage traversé par les autoroutes (CC: paysage dominé par des champs agricoles avec grandes cultures commerciales, CL: paysage dominé par des champs agricoles consacrés à la production de fourrages (fermes laitières), CF: paysage où l'on trouve une proportion deux fois plus élevée de forêt par rapport aux champs agricoles et F: paysage forestier). Dans chaque graphique, la médiane (barre horizontale), la moyenne (carré), le premier et le troisième quartile (boîte) ainsi que le premier et le neuvième décile (barres d'erreur) sont indiqués.*

4.3.2 Largeur des colonies de roseau

Le modèle de régression linéaire multiple (Tableau 3) montre que cinq variables parmi les 18 testées ont une influence significative ($P < 0,001$) sur la largeur des colonies de roseau le long des autoroutes. L'influence relative de chacune des variables indépendantes est indiquée par la statistique t . Dans l'ordre, les variables avec influence sont la largeur du bas-côté de l'autoroute, le nombre de degrés-jours de croissance au-

dessus de 5 °C, la présence d'une terre humide près de la colonie de roseau, la présence d'un boisé près de la colonie et l'âge de l'autoroute. Le seul coefficient de régression présentant une valeur négative est associé à la présence d'un boisé près de la colonie. La largeur des colonies de roseau tend donc à augmenter lorsqu'elles se développent dans des bas-côtés très larges, dans les régions les plus chaudes du Québec, lorsque les bas-côtés voisinent des marais et dans les tronçons autoroutiers les plus anciens. Les colonies sont toutefois moins larges lorsqu'elles se trouvent à proximité d'un boisé. Ce dernier empêche en effet les colonies de s'étendre au-delà des limites de l'emprise. Ces cinq variables expliquent à elles seules 20,9 % de la variance totale de la largeur des colonies.

Tableau 3. *Modèle de régression linéaire multiple servant à étudier la relation entre la largeur des colonies de roseau commun le long des autoroutes québécoises et les principaux facteurs abiotiques, du paysage et du réseau autoroutier.*

Variables significatives	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Signification
	β	Erreur-type	β		
Largeur des bas-côtés	0,019	0,005	0,228	3,971	$P < 0,001$
Nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C	0,072	0,018	0,227	3,942	$P < 0,001$
Présence d'une terre humide	0,741	0,214	0,200	3,455	$P < 0,001$
Présence d'un boisé	-0,234	0,088	-0,153	-2,649	$P = 0,009$
Âge de l'autoroute	0,014	0,005	0,152	2,634	$P = 0,009$

5.0 Discussion

On trouve le roseau commun presque partout le long du réseau autoroutier québécois. Il est cependant beaucoup plus abondant le long des autoroutes situées dans le sud-ouest de la province, le climat dans ce secteur étant plus favorable à sa croissance que dans les autres régions du Québec, et le long des vieilles autoroutes, surtout celles construites avant les années 1970. Près de ces autoroutes, le roseau a bénéficié d'une plus longue période de temps pour s'établir et étendre l'envergure de ses colonies. Le roseau qu'on trouve le long des autoroutes du Québec est du même génotype eurasiatique (haplotype M) que celui qui prolifère le long de la côte atlantique des États-Unis et qui a des impacts considérables sur la diversité végétale et animale des marais (Chambers *et al.*, 1999, Meyerson *et al.*, 2000, Saltonstall, 2003a). Cette découverte est importante car elle met en relief la menace potentielle qui plane sur l'intégrité des écosystèmes qui sont traversés par les autoroutes: si le roseau s'échappe des emprises autoroutières, la probabilité d'invasion de ces écosystèmes est grande.

L'abondance du roseau eurasiatique le long des autoroutes du Québec constitue une preuve supplémentaire à l'effet que le réseau routier forme un excellent vecteur de dissémination pour les plantes exotiques (Forman & Alexander, 1998, Parendes & Jones, 2000, Trombulak & Frissell, 2000, Forman *et al.*, 2002, Hawbaker & Radeloff, 2004, Hansen & Clevenger, 2005). Les bas-côtés des autoroutes forment en effet de vastes habitats linéaires homogènes où il y a très peu de barrières pouvant freiner l'expansion géographique d'une espèce exotique. Au Québec, le roseau exotique a, de toute évidence, tiré profit des canaux de drainage (milieu humide) et de l'ouverture du milieu créée par la construction des autoroutes pour se disséminer rapidement. De plus, les bas-côtés sont

soumis à des perturbations récurrentes liées à leur entretien (creusage des fossés) qui favorisent la dissémination du roseau (transport de fragments de rhizome sur de longues distances). Au Québec, le Ministère des Transports épand également 700 000 tonnes de sel chaque année pour l'entretien hivernal de son réseau routier (Ministère des Transports du Québec, 2006). Une partie de ces sels de déglacage se retrouve dans les canaux de drainage. Or, le roseau eurasiatique (haplotype M) est capable de croître dans des milieux où la concentration en sel dans le sol est jusqu'à trois fois plus élevée que ce que peut supporter le roseau indigène nord-américain. Le roseau exotique produit également plus de pousses par gramme de rhizome que le roseau indigène et les plants ont une croissance plus rapide (Vasquez *et al.*, 2005). Ces caractéristiques lui procurent un net avantage compétitif pour l'espace non seulement par rapport au roseau indigène mais aussi par rapport aux autres espèces végétales communes dans les canaux de drainage, comme les quenouilles (*Typha* spp.).

On trouve de fortes concentrations de roseau le long des autoroutes traversant des zones d'agriculture intensive où l'on cultive des plantes comme le maïs ou le soja. Par exemple, en Montérégie, près de Montréal (où le roseau est très abondant), la culture du maïs occupe à elle seule 51 % des superficies agricoles, soit 56 % des surfaces cultivées en maïs au Québec (Ministère de l'Environnement du Québec, 2003). Dans ces grandes cultures, les fertilisants organiques (lisiers de porc) et chimiques sont abondamment utilisés (Jobin *et al.*, 2003). Beaucoup d'azote est lessivé vers les cours d'eau par le biais des eaux de ruissellement et du réseau de canaux de drainage (Painchaud, 1999). Des valeurs élevées en nitrate ont d'ailleurs été enregistrées dans les eaux de plusieurs tributaires du fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec, et on estime que de 34 à 76 % de ceux-ci

provenaient de la pollution diffuse d'origine agricole (Ministère de l'Environnement du Québec, 2003). Or, le roseau a une grande habilité pour capturer et emmagasiner les nitrates (Romero *et al.*, 1999). Les teneurs en nitrate peuvent être de 32 à 37 % plus élevées dans les feuilles de roseau que dans les feuilles de quenouilles (Farnsworth & Meyerson, 2003). La fertilisation par les nitrates favorise chez le roseau une plus grande production de biomasse aérienne et accélère l'expansion spatiale des colonies (Minchinton & Bertness, 2003, Rickey & Anderson, 2004).

La présence de marais en bordure des corridors autoroutiers favorise l'expansion des colonies de roseau hors des emprises routières. Le roseau étant une plante hydrophile (Mal & Narine, 2003), il trouve dans les marais des conditions propices à sa croissance. À l'opposé, les boisés contigus aux bas-côtés des autoroutes freinent l'expansion des colonies de roseau hors des limites des emprises. Comme le roseau a besoin de beaucoup de lumière pour assurer sa croissance (Haslam, 1972), il pénètre peu à l'intérieur des endroits très ombragés. Cela dit, sa dissémination au sein même des bas-côtés n'est pas handicapée par l'ombrage créé par les boisés. Les bas-côtés des autoroutes québécoises sont en effet très larges (23 m en moyenne) et ils exposent une surface importante du sol à un fort degré d'ensoleillement. D'ailleurs, plus les bas-côtés sont larges, plus les colonies de roseau sont étendues: elles ont tout simplement plus d'espace ouvert à leur disposition pour prendre de l'expansion.

Il n'a pas été possible d'établir une relation entre la densité du réseau routier et l'étendue des colonies de roseau en bordure des autoroutes, mais cela s'explique probablement par le fait que la densité de ce réseau varie très peu d'un bout à l'autre du territoire où se trouvent les autoroutes au Québec. Il n'a pas non plus été possible d'établir

de relation entre la nature des dépôts de surface sur lesquels reposent les autoroutes et l'étendue des colonies de roseau dans leurs bas-côtés. Cela dit, nous avons travaillé avec une carte des dépôts de surface à très petite échelle (1 : 1 000 000) où l'information était probablement trop peu précise pour établir une relation entre la présence du roseau et les dépôts. Des analyses récentes effectuées avec des cartes de dépôts de surface plus détaillées (échelle de 1 : 100 000) suggèrent que certains dépôts de surface seraient plus favorables que d'autres à l'établissement du roseau (B. Lelong, données non publiées).

6.0 Conclusion

Cette étude confirme le rôle important que joue le réseau routier dans la dissémination de plantes envahissantes exotiques. Elle met particulièrement en évidence l'efficacité des larges corridors autoroutiers comme vecteurs de dissémination rapide de ces espèces dans des territoires immenses. Les espèces hydrophiles sont particulièrement avantagées le long des routes car elles disposent d'un réseau complexe de canaux de drainage pour se disséminer au sein ou à l'extérieur de ces corridors (Forman & Alexander, 1998, Trombulak & Frissell, 2000, Forman *et al.*, 2002, Maheu-Giroux & De Blois, 2005).

Cette étude est aussi la première, à notre connaissance, à mettre en relief l'importance des bords de route comme habitats pour le roseau et comme vecteurs de dissémination de l'espèce en Amérique du Nord. On trouve bien quelques travaux qui mentionnent la présence du roseau en bordure des routes (McNabb & Batterson, 1991, Richburg *et al.*, 2001), mais aucune ne met en relief le rôle que pourraient jouer les routes quant à la dissémination de cette espèce. Cela est particulièrement surprenant compte tenu du grand nombre de colonies de roseau qu'on trouve en bordure des routes au Québec ou

dans d'autres états nord-américains (Ontario, Manitoba, New York, Vermont; Y. Jodoin, données non publiées) et de la grande quantité de travaux publiés récemment sur cette espèce. On semble donc grandement sous-estimer le rôle du réseau routier dans le processus qui permet au roseau d'envahir le continent.

La prolifération récente du génotype eurasiatique (haplotype M) du roseau commun le long des autoroutes québécoises constitue peut-être la première étape d'une invasion à grande échelle des milieux humides, des rives de rivières et de lacs et des canaux de drainage des Basses Terres du Saint-Laurent, invasion qui pourrait avoir des impacts écologiques et économiques importants. Par exemple, les colonies de roseau, qui jusqu'à tout récemment étaient relativement rares dans les marais du fleuve Saint-Laurent (Lavoie *et al.*, 2003), connaissent depuis quelques années une expansion spatiale appréciable dans la section fluviale du fleuve (Hudon *et al.*, 2005). Le réchauffement climatique annoncé pourrait en outre accélérer la dissémination et la croissance du roseau dans les régions situées dans le Nord-Est de la province où il est, pour le moment, relativement peu abondant.

Il semble toutefois possible de limiter l'expansion spatiale des colonies de roseau à l'extérieur des corridors autoroutiers par la plantation ou le maintien de bandes forestières ou arbustives à des endroits stratégiques. Par leur ombrage, ces bandes confineront le roseau au sein des emprises où leur impact écologique est moindre. À cet égard, il suffirait de conserver une bande forestière en bordure des routes et dans la tranchée centrale des autoroutes qui en sont déjà pourvues. Ensuite, des plantations d'espèces arbustives à croissance rapide résistantes au sel pourraient être aménagées près des bas-côtés et au sein de la tranchée centrale des autoroutes lorsque celles-ci traversent des milieux humides qui,

comme nous l'avons montré dans ce travail, sont particulièrement susceptibles d'être envahies par le roseau. Enfin, lors de la construction des nouvelles autoroutes, il serait préférable de réduire le plus possible la largeur des bas-côtés et de la tranchée centrale pour minimiser l'espace disponible à la croissance du roseau, surtout aux endroits où l'espèce est susceptible de causer des dommages importants aux écosystèmes adjacents.

Depuis 1998, le Ministère des Transports du Québec a cessé de tondre la végétation des bas-côtés et de la tranchée centrale des autoroutes dans le cadre d'un programme de gestion écologique de la végétation des corridors autoroutiers. L'interruption des tontes a permis aux espèces végétales présentes en bordure des autoroutes de croître sans restriction. Les colonies de roseau déjà établies sont alors devenues beaucoup plus visibles, ce qui a mis en évidence l'envergure du problème. Cependant, quelques études ont montré que les colonies de roseau soumises à des fauches estivales annuelles, particulièrement en juillet et en août, perdent de leur vitalité et produisent moins de tiges (Vézina, 1989, Butler, 1992, Vestergaard, 1994). Si l'abandon des tontes estivales des bas-côtés et de la tranchée centrale a sans doute permis de minimiser la dissémination de fragments de tiges et de stolons de roseau, elle a peut-être par contre aussi permis aux colonies de prendre de la vigueur et d'accélérer leur expansion spatiale en bordure des autoroutes. Il s'agirait d'une conséquence insoupçonnée de ce programme de gestion écologique.

7.0 Bibliographie

- Amsberry, L., M. A. Baker, P. J. Ewanchuk & M. D. Bertness. 2000. Clonal integration and the expansion of *Phragmites australis*. *Ecological Applications* **10**: 1110-1118.
- 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.
- 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.
- Buttler, A. 1992. Permanent plot research in wet meadows and cutting experiment. *Vegetatio* **103**: 113-124.
- Centre de recherches sur les terres et les ressources biologiques. 1996. Pédopaysages du Canada, version 2.2. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale de la recherche, Ottawa, Canada.
- Chambers, R. M., L. A. Meyerson & K. Saltonstall. 1999. Expansion of *Phragmites australis* into tidal wetlands of North America. *Aquatic Botany* **64**: 261-273.
- Clevering, O. A., H. Brix & J. Lukavská. 2001. Geographic variation in growth responses in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* **69**: 89-108.
- Clogg, C. C. & E. S. Shihadeh. 1994. *Statistical models for ordinal variables*. Sage Publications, Thousand Oaks, États-Unis.
- Dansereau, P. 1959. Phytogeographia laurentiana II. The principal plant associations of the St. Lawrence Valley. *Contributions de l'Institut botanique de l'Université de Montréal* **75**: 1-147.
- Delisle, F., C. Lavoie, M. Jean & D. Lachance. 2003. Reconstructing the spread of invasive plants: taking into account biases associated with herbarium specimens. *Journal of Biogeography* **30**: 1033-1042.
- DMTI Spatial Inc. 2003. CanMap major roads and highways, version 7.2. DMTI Spatial Inc., Markham, Canada.
- Dodge, Y. 1999. *Analyse de régression appliquée*. Dunod, Paris, France.
- Doyle, J. J. & E. E. Dickson. 1987. Preservation of plant-samples for DNA restriction endonuclease analysis. *Taxon* **36**: 715-722.
- Edwards, K., C. Johnstone & C. Thompson. 1991. A simple and rapid method for the preparation of plant genomic DNA for PCR analysis. *Nucleic Acids Research* **19**: 1349.
- Environnement Canada. 2002. Normales et moyennes climatiques au Canada 1971-2000. http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_f.html (Page consultée le 15 janvier 2004).

- Farnsworth, E. J. & L. A. Meyerson. 2003. Comparative ecophysiology of four wetland plant species along a continuum of invasiveness. *Wetlands* **23**: 750-762.
- Forman, R. T. T. 2000. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. *Conservation Biology* **14**: 31-35.
- Forman, R. T. T. & L. E. Alexander. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**: 207-231.
- Forman, R. T. T., D. Sperling, J. A. Bissonette, A. P. Clevenger, C. D. Cutshall, V. H. Dale, L. Fahrig, R. France, C. R. Goldman, K. Heanue, J. A. Jones, F. J. Swanson, T. Turrentine & T. C. Winter. 2002. Road ecology. Science and solutions. Island Press, Washington D.C., États-Unis.
- Gelbard, J. L. & J. Belnap. 2003. Roads as conduits for exotic plant invasions in a semiarid landscape. *Conservation Biology* **17**: 420-432.
- Gervais, C., R. Trahan, D. Moreno & A.-M. Drolet. 1993. Le *Phragmites australis* au Québec: distribution géographique, nombres chromosomiques et reproduction. *Canadian Journal of Botany* **71**: 1386-1393.
- Gorenflot, R. 1976. Le complexe polyploïde du *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (= *P. communis* Trin.). *Bulletin de la Société botanique de France* **123**: 261-271.
- Greenberg, C. H., S. H. Crownover & D. R. Gordon. 1997. Roadside soils: a corridor for invasion of xeric scrub by nonindigenous plants. *Natural Areas Journal* **17**: 99-109.
- Guisan, A. & F. E. Harrell. 2000. Ordinal response regression models in ecology. *Journal of Vegetation Science* **11**: 617-626.
- Hansen, M. J. & A. P. Clevenger. 2005. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. *Biological Conservation* **125**: 249-259.
- Hansen, R. M. 1978. Shasta ground sloth food habits, Rampart Cave, Arizona. *Paleobiology* **4**: 302-319.
- Haslam, S. M. 1970. The performance of *Phragmites communis* Trin. in relation to water-supply. *Annals of Botany* **34**: 867-877.
- Haslam, S. M. 1972. Biological flora of the British Isles. *Phragmites communis* Trin. *Journal of Ecology* **60**: 585-610.
- Haslam, S. M. 1975. The performance of *Phragmites communis* Trin. in relation to temperature. *Annals of Botany* **39**: 881-888.
- Hawbaker, T. J. & V. C. Radeloff. 2004. Roads and landscape pattern in northern Wisconsin based on a comparison of four road data sources. *Conservation Biology* **18**: 1233-1244.
- Hébert, B.-P. 1998. Régression avec une variable dépendante ordinale: comparaison de la performance de deux modèles logistiques ordinaux et du modèle linéaire classique à l'aide de données simulées. Thèse Ph.D., Université Laval, Québec, Canada.

- Hudon, C. 2004. Shift in wetland plant composition and biomass following low-level episodes in the St. Lawrence River: looking into the future. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **61**: 603-617.
- Hudon, C., P. Gagnon & M. Jean. 2005. Hydrological factors controlling the spread of common reed (*Phragmites australis*) in the St. Lawrence River (Québec, Canada). *Écoscience* **12**: 347-357.
- Jobin, B., J. Beaulieu, M. Grenier, L. Bélanger, C. Maisonneuve, D. Bordage & B. Filion. 2003. Landscape changes and ecological studies in agricultural regions, Québec, Canada. *Landscape Ecology* **18**: 575-590.
- Johnston, F. M. & S. W. Johnston. 2004. Impacts of road disturbance on soil properties and on exotic plant occurrence in subalpine areas of the Australian Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* **36**: 201-207.
- 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.
- Legendre, P. & L. Legendre. 1998. Numerical ecology. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Lissner, J., & H. H. Schierup. 1997. Effects of salinity on the growth of *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* **55**:247-260.
- Maheu-Giroux, M. & S. de Blois. 2005. Mapping the invasive species *Phragmites australis* in linear wetland corridors. *Aquatic Botany* **83**: 310-320.
- Mal, T. K. & L. Narine. 2003. The biology of Canadian weeds. 129. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. *ex* Steud. *Canadian Journal of Plant Science* **84**: 365-396.
- MapInfo Corporation, 2003. MapInfo Professional, version 7.5. MapInfo Corporation, Troy, États-Unis.
- MapInfo Corporation, 2004. Vertical Mapper, version 3.1. MapInfo Corporation, Troy, États-Unis.
- Marie-Victorin, F. 1995. Flore laurentienne. 3^{ème} édition. Presses de l'Université de Montréal, Montréal, Canada.
- Marks, M., B. Lapin & J. Randall. 1994. *Phragmites australis* (*P. communis*): threats, management, and monitoring. *Natural Areas Journal* **14**: 285-294.
- Matoh, T., N. Matsushita & E. Takahashi. 1988. Salt tolerance of the reed plant *Phragmites communis*. *Physiologia Plantarum* **72**: 8-14.
- Mauchamp, A. & F. Mésleard. 2001. Salt tolerance in *Phragmites australis* populations from coastal Mediterranean marshes. *Aquatic Botany* **70**: 39-52.
- McNabb, C. D. & T. R. Batterson. 1991. Occurrence of the common reed, *Phragmites australis*, along roadsides in lower Michigan. *Michigan Academician* **23**: 211-220.
- Menard, S. W. 1995. Applied logistic regression analysis. Sage Publications, Thousand Oaks, États-Unis.

- Meyerson, L. A., K. Saltonstall, L. Windham, E. Kiviat & S. Findlay. 2000. A comparison of *Phragmites australis* in freshwater and brackish marsh environments in North America. *Wetlands Ecology and Management* **8**: 89-103.
- 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 de l'Environnement du Québec. 2003. Synthèse des informations environnementales disponibles en matière agricole au Québec. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction des politiques du secteur agricole, Québec, Canada.
- Ministère des Ressources naturelles du Canada. 2003. Base nationale de données topographiques. Ministère des Ressources naturelles du Canada, Ottawa, Canada.
- Ministère des Transports du Québec. 1983. Les autoroutes du Québec (dates de construction ou de mise en service). Ministère des Transports du Québec, Service des études, Québec, Canada.
- Ministère des Transports du Québec. 2004. Répertoire des autoroutes du Québec. <http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/reseau/routes/autoroute.asp> (page consultée le 20 octobre 2004).
- Ministère des Transports du Québec. 2006. Service d'entreposage et de chargement de sels de déglçage. Dossier : E031.1. http://www.mtq.gouv.qc.ca/fr/ministere/recherche/projets/description.asp?NO_PROJ=E031.1P1 (page consultée le 19 janvier 2006).
- Mousseau, P. 1987. Synthèse des connaissances sur le phragmite commun (*Phragmites communis*). Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, Montréal, Canada.
- Pagter, M., C. Bragato & H. Brix. 2005. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. *Aquatic Botany* **81**: 285-299.
- Painchaud, J. 1999. La production porcine et la culture du maïs. Impacts potentiels sur la qualité de l'eau. *Naturaliste canadien* **123**: 41-46.
- 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.
- Pauchard, A. & P. B. Alaback. 2004. Influence of elevation, land use, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of south-central Chile. *Conservation Biology* **18**: 238-248.
- Pederson, D. C., D. M. Peteet, D. Kurdyla & T. Guilderson. 2005. Medieval Warming, Little Ice Age, and European impact on the environment during the last millennium in the lower Hudson Valley, New York, USA. *Quaternary Research* **63**: 238-249.
- Richburg, J. A., W. A. Patterson III & F. Lowenstein. 2001. Effects of road salt and *Phragmites australis* invasion on the vegetation of a western Massachusetts calcareous lake-basin fen. *Wetlands* **21**: 247-255.

- Rickey, M. A. & R. C. Anderson. 2004. Effects of nitrogen addition on the invasive grass *Phragmites australis* and a native competitor *Spartina pectinata*. *Journal of Applied Ecology* **41**: 888-896.
- Riitters, K. H. & J. D. Wickham. 2003. How far to the nearest road? *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**: 125-129.
- Romero, J. A., H. Brix & F. A. Comín. 1999. Interactive effects of N and P on growth, nutrient allocation and NH₄ uptake kinetics by *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* **64**: 369-380.
- Rousseau, C. 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador: distribution des principales espèces vasculaires. Presses de l'Université Laval, Québec, Canada.
- 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. Microsatellite variation within and among North American lineages of *Phragmites australis*. *Molecular Ecology* **12**: 1689-1702.
- Saltonstall, K. 2003c. A rapid method for identifying the origin of North American *Phragmites* populations using RFLP analysis. *Wetlands* **23**: 1043-1047.
- Saltonstall, K., P. M. Peterson & R. J. Soreng. 2004. Recognition of *Phragmites australis* subsp. *americanus* (Poaceae: Arundinoideae) in North America: evidence from morphological and genetic analyses. *SIDA* **21**: 683-692.
- SPSS, 2003. SPSS, version 12.0. SPSS Inc., Chicago, États-Unis.
- Trombulak, S. C. & C. A. Frissell. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* **14**: 18-30.
- Tyser, R. W. & C. A. Worley. 1992. Alien flora in grasslands adjacent to road and trail corridors in Glacier National Park, Montana (U.S.A.). *Conservation Biology* **6**: 253-262.
- 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.
- Vestergaard, P. 1994. Response to mowing of coastal brackish meadow plant communities along an elevational gradient. *Nordic Journal of Botany* **14**: 569-587.
- Vézina, L. 1989. Effet de la coupe, du travail du sol et du fractionnement des rhizomes sur la régénération du phragmite commun. *Phytoprotection* **70**: 15-23.
- Weisberg, S. 2005. Applied linear regression. John Wiley & Sons, Hoboken, États-Unis.
- Wester, L. & J. O. Juvik. 1983. Roadside plant communities on Mauna Loa, Hawaii. *Journal of Biogeography* **10**: 307-316.

Windham, L. & L. A. Meyerson. 2003. Effects of common reed (*Phragmites australis*) expansions on nitrogen dynamics of tidal marshes of the northeastern U.S. *Estuaries* **26**: 452-464.

Annexe A: Protocole pour déterminer le génotype du roseau commun en Amérique du Nord, selon la technique de réaction de polymérisation en chaîne (RPC) et celle du polymorphisme de longueur des fragments de restriction (PLFR). La présentation de ce protocole s'inspire de celui qu'on trouve dans l'article de Salstonstall (2003c).

RPC

- ADN: **1 µl**
- Amorces:

Amorces	Séquence
<i>trnL</i> (UGU) "b"	5'-TCTACCGATTTTCGCCATATC
<i>trnLbR</i>	5'-GGAGAAGATAGAATCATAGC
<i>rbcL</i>	5'-TGTACAAGCTCGTAACGAAGG
<i>rbcL3R</i>	5'-GATTTGTCAAGTCTCATGATCGT

- Premier mélange:

<i>trnT</i> (UGU) – <i>trnL</i> (UAA)	1×	<i>rbcL</i> – <i>psaL</i>	1×
Tampon RPC (10×)	1 µl	Tampon RPC (10×)	1 µl
dNTP (2 mM)	2 µl	dNTP (2 mM)	2 µl
<i>TrnL</i> (UGU) "b" (25 µM)	0,4 µl	<i>RbcL</i> (50 µM)	0,8 µl
<i>TrnLbR</i> (25 µM)	0,4 µl	<i>RbcL3R</i> (50 µM)	0,8 µl
H ₂ O bidistillée	5,2 µl	H ₂ O bidistillée	4,4 µl
Total	9 µl	Total	9 µl

- Deuxième mélange:

<i>trnT</i> – <i>trnL</i>	1×	<i>rbcL</i> – <i>psaL</i>	1×
Tampon RPC (10×)	1 µl	Tampon RPC (10×)	1 µl
TAQ polymérase (5 u / µl)	0,1 µl	TAQ polymérase (5 u / µl)	0,1 µl
H ₂ O bidistillée	8,9 µl	H ₂ O bidistillée	8,9 µl
Total	10 µl	Total	10 µl

u: unité

Après que la Taq polymérase ait été ajoutée au deuxième mélange, combiner les deux mélanges afin d'obtenir la solution RPC.

Cycles RPC (thermocycleur Perkin Elmer, modèle 480)

- Région *trnT* – *trnL*

105 °C: *lead* (couvercle)

94 °C: 2'

94 °C: 45''

52 °C: 45''

72 °C: 1'

72 °C: 2'

← × 34 (donc au total 35 cycles)

4 °C: pause

- Région *rbcL* – *psaL*

105 °C: *lead* (couvercle)

94 °C: 2'

94 °C: 45''

54 °C: 45''

72 °C: 1'

72 °C: 2'

← × 39 (donc au total 40 cycles)

4°C: pause

PLFR

Enzymes de restriction: région *trnT* (UGU) – *trnL* (UAA): ***RsaI***
 région *rbcL* – *psaL*: ***HhaI***

- Produit RPC: **20 µl**

- Solution PLFR:

RsaI et HhaI	1×
Tampon de l'enzyme	2,5 µl
Enzyme	0,25 µl
H ₂ O bidistillée	2,25 µl
Total	5 µl

- La digestion de l'ADN s'effectue à 37 °C au bain-marie pendant environ 90 minutes, avec un brassage à intervalle régulier.
- Électrophorèse: environ 130 V pendant environ 45 minutes dans un gel d'agarose à 3 %.
- 10 µl de produit de digestion par puits (pour Trn) et 15 µl de produit de digestion par puits (pour Rbc) avec environ 1 µl de tampon de charge en mélange.
- Marqueur de taille de 50 pb (5 µl par puits).

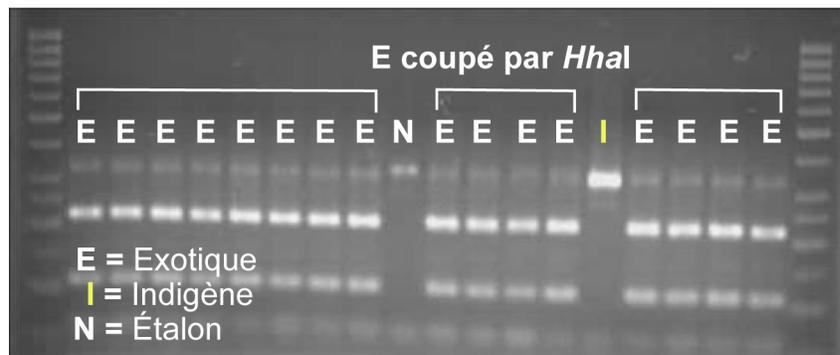
- Étalon négatif (2 µl par puits): même protocole de digestion mais sans enzyme (l'enzyme est remplacé par de l' H₂O bidistillée).

Vue des résultats

La région *trnT* – *trnL* possède 300 paires de bases et l'enzyme **RsaI** coupe cette région du génotype indigène en deux sections (282 et 18 paires de bases) mais ne coupe pas le génotype exotique.



La région *rbcL* – *psaL* possède 350 paires de bases et l'enzyme **HhaI** coupe cette région du génotype exotique en deux sections (246 et 104 paires de bases) mais ne coupe pas le génotype indigène.



Annexe B: Protocole pour l'extraction de l'ADN du roseau commun.

- Mettre une bille de tungstène dans chaque microtube.
- Broyer à l'aide d'un agitateur (Retsch MM 300):
 - mettre les portoirs de la machine dans l'azote liquide;
 - les sortir et y poser les échantillons;
 - les remettre dans l'azote liquide;
 - les sortir et les installer dans la machine;
 - broyer à 28 tours / seconde, pendant une minute.
- Ajouter 400 µl de tampon d'extraction et agiter au vortex pendant 5 secondes.

Stock 100 ml		Concentration finale
Tris-HCl (1 M; pH 7.5)	20 ml	200 mM
EDTA (0.5 M)	5 ml	25 mM
NaCl (5 M)	5 ml	250 mM
SDS (10 %)	5 ml	0.5 %
H ₂ O bidistillée	65 ml	

EDTA: éthylène diamine tétra-acétate; SDS: sodium dodécylsulfate

- Après cette étape, les échantillons peuvent être laissés à température ambiante jusqu'à ce que l'ensemble des échantillons aient été traités (une heure ou plus).
Ensuite:
 - centrifuger 3 minutes à 13 200 rpm;
 - transférer 300 µl du surnageant dans un nouveau microtube;
 - ajouter 300 µl d'isopropanol (afin de faire précipiter l'ADN) et inverser pour mélanger;
 - incuber 2 minutes à température ambiante;
 - centrifuger 5 minutes à 13 200 rpm;
 - enlever le surnageant, centrifuger de nouveau et sécher le culot sous vide pendant 10 minutes;
 - resuspendre dans 100 µl de Tris-EDTA et agiter au vortex;
 - conserver à -20°C.