



L'épinette de Norvège
(*Picea abies* (L.) Karst) :
risque de naturalisation et
d'envahissement des
écosystèmes en Gaspésie

Gasser, D., Langis, M.-H. et Côté, M.

UGA1379001

Pour nous contacter

Consortium en foresterie Gaspésie—Les Îles

37, rue Chrétien, bur. 26, C.P. 5 Gaspé (QC) G4X 1E1

Tél. : (418) 368-5166 Téléc : (418) 368-0511

consortium@foretgaspesie-les-iles.ca

www.mieuxconnaîtrelaforêt.ca

dodick.gasser@mieuxconnaitrelaforet.ca

Référence à citer :

Gasser D., Langis M.-H. et Côté M. 2008. L'épinette de Norvège (*Picea abies* (L.) Karst) : risque de naturalisation et d'invasion des écosystèmes en Gaspésie. Gaspé (Québec) : Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles. 43 p.

ISBN 978-2-9809843-5-8

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2008

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2008

Photos de la page de couverture :

Petites photos : Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles

Grande photo : Zelimir Borzan, University of Zagreb, Bugwood.org

Le rapport a été imprimé sur du papier Enviro100 fait à 100% de fibres postconsommation et certifié FSC.

Remerciements

Les auteurs de l'étude souhaitent remercier Dominique Aspirault, Vanessa Richard, Suzanne Fournier et Marie-Eve Bernatchez du Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles pour leur soutien technique; le personnel de la pépinière SARGIM à New-Richmond et le personnel du MRNF à Caplan pour l'aide à l'identification des semis d'épinettes; Gaétan Daoust du Service Canadien des Forêts pour l'aide à l'identification des semis d'épinettes et la révision externe de ce rapport; Gaston Miousse de l'Agence de mise en valeur des forêts privées Gaspésie-Les-Îles pour la révision externe de ce rapport; et Sauphie Senneville de la Chaire de recherche du Canada en génomique forestière et environnementale à l'Université Laval pour les analyses génétiques. Cette étude a été soutenue financièrement par Développement économique Canada, le CÉGEP de la Gaspésie et des Îles (Gaspé), la Conférence régionale des élu(e)s Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.

	2. RÉSULTATS	20
2.1	DENSITÉ ET FRÉQUENCE DE LA RÉGÉNÉRATION EN ESPÈCES ARBORESCENTES	20
2.2	COMPARAISON DE LA DENSITÉ ET DE LA FRÉQUENCE DE L'ÉPINETTE DE NORVÈGE SELON LE MICRO-HABITAT	20
2.3	CONTRIBUTION RELATIVE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES ARBORESCENTES À LA RÉGÉNÉRATION ET DISTRIBUTION RELATIVE DE CES ESPÈCES SELON LES DEUX MICRO-HABITATS	23
2.4	DISTRIBUTION DE LA HAUTEUR DE LA RÉGÉNÉRATION DE L'ÉPINETTE DE NORVÈGE	23
2.5	COMPARAISON INTERSPÉCIFIQUE DE LA HAUTEUR DE LA RÉGÉNÉRATION	25
2.6	SUSCEPTIBILITÉ DE LA RÉGÉNÉRATION DE L'ÉPINETTE DE NORVÈGE AU BROUTAGE	26
2.7	EXAMEN DU STATUT DE NATURALISATION DE L'ÉPINETTE DE NORVÈGE ET D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'ÉPINETTE DE NORVÈGE À L'ÉCHELLE MONDIALE À LA SUITE DE SON INTRODUCTION À L'EXTÉRIEUR DE SON AIRE BIOGÉOGRAPHIQUE D'ORIGINE	26
2.8	ANALYSE DU RISQUE D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'ÉPINETTE DE NORVÈGE RELATIF À SON INTRODUCTION EN GASPÉSIE	29
	3. DISCUSSION	32
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	35
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36

Liste des cartes, des photographies, des figures et des tableaux

CARTE 1	
Localisation des dix plantations d'épinette de Norvège sélectionnées sur le territoire de la Gaspésie	6
CARTE 2	
Localisation des quatre plantations d'épinette de Norvège sélectionnées dans la MRC de la Haute-Gaspésie	7
CARTE 3	
Localisation des six plantations d'épinette de Norvège sélectionnées dans la MRC du Rocher-Percé	7
PHOTOGRAPHIE 1	
Électrophorégramme	12
FIGURE 1	
Schéma du dispositif expérimental	9
FIGURE 2	
Distribution de la hauteur de la régénération de l'épinette de Norvège	24
FIGURE 3	
Comparaison interspécifique de la hauteur de la régénération	25

TABLEAU 1		
Description des dix plantations d'épinette de Norvège sélectionnées sur le territoire de la Gaspésie	8	
TABLEAU 2		
Traits distinctifs de l'épinette de Norvège, de l'épinette blanche et de l'épinette noire	11	
TABLEAU 3		
Densité spécifique, densité relative, fréquence spécifique et fréquence relative du sapin baumier, de l'épinette blanche, du bouleau à papier, de l'épinette de Norvège, du peuplier baumier, du peuplier faux tremble et du thuya occidental	21	V
TABLEAU 4		
Densité spécifique, densité relative, fréquence spécifique et fréquence relative de l'épinette de Norvège selon le micro-habitat	22	
TABLEAU 5		
Ordre de classement, densité relative et fréquence relative des différentes espèces arborescentes selon les deux micro-habitats	23	
TABLEAU 6		
Examen du statut de naturalisation de l'épinette de Norvège et d'envahissement des écosystèmes par l'épinette de Norvège à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine	27	
TABLEAU 7		
Analyse du risque d'envahissement des écosystèmes par l'épinette de Norvège relatif à son introduction en Gaspésie	30	

Liste des abréviations et des acronymes

AFOGIM :

Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Gaspésie-Les-Îles

BOP :

Bouleau à papier (*Betula papyrifera*)

DAFF :

Department of Agriculture, Fisheries and Forestry

EPB :

Épinette blanche (*Picea glauca*)

EPO :

Épinette de Norvège (*Picea abies*)

ERE :

Érable à épis (*Acer spicatum*)

FCF :

Fédération canadienne de la faune

NPS - USDI :

National Park Service - United States Department of the Interior

NRCS - USDA :

Natural Resources Conservation Service -
United States Department of Agriculture

PEB :

Peuplier baumier (*Populus balsamifera*)

PET :

Peuplier faux tremble (*Populus tremuloides*)

SAB :

Sapin baumier (*Abies balsamea*)

SCF :

Service canadien des forêts

THO :

Thuya occidentale (*Thuja occidentalis*)

Résumé

L'épinette de Norvège (EPO) est une espèce commerciale importante en Gaspésie. Le reboisement à grande échelle avec une espèce exotique peut toutefois susciter certaines inquiétudes au sujet de l'intégrité écologique des écosystèmes forestiers. L'objectif général de cette étude était d'évaluer le risque de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO en Gaspésie. Plus spécifiquement, les objectifs de cette étude étaient (i) d'identifier la présence d'une régénération naturelle d'EPO en plantation; (ii) de caractériser cette régénération en fonction de deux micro-habitats; (iii) d'évaluer l'avantage compétitif de l'EPO par rapport à la régénération des espèces arborescentes indigènes; (iv) d'examiner la susceptibilité de cette espèce à l'herbivorie; (v) d'examiner le statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine; (vi) et d'analyser le risque d'envahissement des écosystèmes par l'EPO relatif à son introduction en Gaspésie.

Un relevé de la régénération forestière a été réalisé dans des parcelles implantées le long de deux transects (en bordure/ à l'intérieur de la plantation) dans 10 plantations (30 ~ 32 ans). L'identification de l'EPO a été réalisée par analyse génétique. Parallèlement,

un examen du statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine, et une analyse du risque d'envahissement des écosystèmes par l'EPO relatif à son introduction en Gaspésie ont été réalisés.

Selon nos résultats, l'EPO se régénère naturellement à une densité moyenne, si l'on considère la fermeture du couvert, le début de la maturité sexuelle des arbres adultes et la densité d'EPO habituellement plantées. La population d'EPO est surtout constituée de semis. Les deux micro-habitats étudiés et l'herbivorie ne semblent pas affecter la régénération de l'EPO. L'EPO semble moins compétitive que le peuplier faux-tremble et le bouleau à papier, mais aussi compétitive que l'épinette blanche et le sapin baumier. Le statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine est très variable. D'après l'analyse du risque d'envahissement, l'espèce est rejetée ou doit faire l'objet d'une évaluation plus approfondie selon le scénario considéré.

En conclusion, notre étude indique que l'utilisation de l'EPO pour le reboisement en Gaspésie semble présenter un risque élevé de naturalisation de l'espèce et un risque moyen d'envahissement des écosystèmes par cette espèce. Finalement, cette étude propose des recommandations relatives à l'établissement des plantations d'EPO.

Introduction

L'EPO est l'espèce exotique la plus utilisée pour le reboisement au Québec.

L'épinette de Norvège (*Picea abies* (L.) Karst) (EPO) est l'espèce d'épinette la plus largement cultivée en Amérique du Nord (Taylor 1993). Cette espèce fut probablement introduite au Canada au cours du 18^e siècle à des fins d'aménagement paysager (FCF 2003). Elle est également très plantée depuis quelques décennies pour la production ligneuse. Au Québec, près de 200 millions de plants d'EPO ont été mis en terre lors de reboisements entre 1964 et 1998, ce qui représente environ 9 % de toutes les essences plantées pour la même période (Côté et autres 1999, citée dans Langis et Côté 2006). De 1968, année de son introduction en Gaspésie, à 2002, l'EPO a représenté 9 % de l'effort de reboisement en Gaspésie avec la mise en terre d'environ 420 000 plants par année pour atteindre une superficie de 3216 ha en plantation pure et 5695 ha en plantation mélangée. De 2003 à 2006, l'EPO a représenté 16 % de l'effort de reboisement en Gaspésie avec la mise en terre d'environ 1,3 millions de plants par année (Langis et Côté 2006). Actuellement, approximativement trois millions de plants d'EPO sont utilisés annuellement pour le reboisement et ce, principalement dans l'est du Québec (Mottet et Daoust 2006, citée dans Langis et Côté 2006). En fait, l'EPO est l'espèce exotique la plus utilisée pour le reboisement au Québec (Bonin 1999, citée dans Langis et Côté 2006). L'EPO est utilisée en plantation, parce qu'elle est très bien acclimatée aux conditions environnementales du Québec (Rouleau 1990). Elle est adaptée aux sols, présente une productivité élevée et un potentiel élevé de production de bois de haute qualité sous des conditions très variées. Ce potentiel de production est associé à sa croissance rapide, son faible défilement du tronc et ses branches généralement plus fines et moins nombreuses (Mottet et Daoust 2007).

Bien que la production ligneuse à partir de plantations d'EPO peut procurer à la société des avantages socio-économiques intéressants (Côté et autres 1999), l'introduction d'une espèce exotique peut occasionner potentiellement à plus ou moins long terme des changements notables dans la composition floristique, mais également la structure et le fonctionnement

L'introduction d'une espèce exotique peut occasionner potentiellement à plus ou moins long terme des changements notables dans la composition floristique, mais également la structure et le fonctionnement des écosystèmes forestiers.

des écosystèmes forestiers (Richardson 1998; Anonyme 2004; NPS-USDI [date inconnue]). Pour cette raison, l'utilisation d'espèces exotiques pour le reboisement suscite un profond questionnement pour l'application de la certification environnementale des pratiques forestières (Présentation orale de F. Lantheaume¹, Forexp. inc. 2007). En effet, au-delà des effets directs de la plantation d'une espèce exotique², toute espèce introduite peut potentiellement demeurer temporairement³ dans l'écosystème, se naturaliser⁴, devenir envahissante⁵ et transformer les écosystèmes⁶ dans l'aire d'introduction (Richardson et autres 2000).

¹ Présentation orale intitulée "Exotic tree species and forest certification" donnée le mercredi 19 septembre 2007 à Québec dans le cadre du colloque conjoint "Aménagement et rendement des forêts" au Carrefour de la recherche forestière (7e édition).

² Plante étrangère : plante dans un endroit donné dont la présence est due à une introduction accidentelle ou intentionnelle résultant d'une activité humaine (synonymes : plante exotique, non-indigène).

³ Plante étrangère temporaire : plante étrangère qui peut fleurir et même se reproduire occasionnellement dans un endroit, mais qui ne forme pas de population se perpétuant, et qui nécessite des introductions répétées pour persister dans l'écosystème (inclut les plantes nommés dans la littérature à titre d'« abandons », d'« éphémères », d'« échappés occasionnels » et de « persistants après culture », et correspond à l'usage du terme « adventif »).

⁴ Plante naturalisée : plante étrangère qui se reproduit régulièrement (cf. plante étrangère temporaire) et qui maintient des populations sur plusieurs générations sans intervention directe par l'homme (ou malgré l'intervention humaine); elle produit souvent une progéniture sans contrainte, habituellement proche des individus reproducteurs, et n'envahit pas nécessairement les écosystèmes naturels, semi-naturels ou anthropisés.

⁵ Plante envahissante : plante naturalisée qui produit une progéniture capable de se reproduire, souvent en très grand nombre, à des distances considérables des individus reproducteurs (échelles approximatives : > 100 m; < 50 ans pour des plantes se dispersant par les graines ou par d'autres types de propagules; > 6 m/3 ans pour des plantes se dispersant par les racines, les rhizomes, les stolons ou les branches rampantes), et qui a ainsi le potentiel de s'étendre sur une surface considérable. (Pour d'autres définitions d'une espèce envahissante, veuillez consulter les sites Internet suivants : http://www.weedcenter.org/management/weed_id.html; <http://www.invasivespeciesinfo.gov/plants/main.shtml>).

⁶ Plante transformatrice : appartient à un sous-ensemble de la catégorie des plantes envahissantes. Elle change le caractère, la condition, la forme ou la nature des écosystèmes sur une surface substantielle en comparaison avec l'étendue de cet écosystème.

L'introduction de l'EPO en Gaspésie et au Québec peut potentiellement engendrer des impacts négatifs, notamment au niveau de la biodiversité et l'établissement d'espèces forestières indigènes à cause du couvert dense généralement observé dans les forêts matures d'EPO (Sullivan 1994; Anonyme 1999). À l'échelle mondiale, il est estimé que 11 % des espèces arborescentes exotiques se sont naturalisées dans leur aire d'introduction, et que 65 % des espèces arborescentes exotiques se sont naturalisées et sont devenues envahissantes dans leur aire d'introduction (Haysom et Murphy 2003) (24 % des espèces arborescentes exotiques ne se sont donc pas naturalisées et ne sont donc pas devenues envahissantes dans leur aire d'introduction). Richardson et Rejmánek 2004 estiment qu'à l'échelle mondiale, 13 % des espèces conifériennes introduites se sont naturalisées, que 6 % des espèces conifériennes introduites se sont naturalisées et sont devenues envahissantes, et que les espèces conifériennes naturalisées et envahissantes appartiennent principalement à la famille des Pinacées. Finalement, lorsque l'EPO est introduite en dehors de son aire biogéographique d'origine, elle peut montrer des signes d'envahissement des écosystèmes de façon imprévisible (Anonyme 1999). Au Québec, les graines d'EPO sont viables et le taux de germination des graines en pépinière est très bon. Toutefois, très peu de régénération est observée dans les plantations du Québec, mais certains semis sont retrouvés le long des chemins à proximité des plantations et dans les ouvertures de la canopée, où la lumière est plus présente (G. Daoust, communication personnelle, citée dans Langis et Côté 2006).

L'objectif général de cette étude était d'évaluer le risque de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO en Gaspésie.

L'objectif général de cette étude était d'évaluer le risque de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO en Gaspésie. Plus spécifiquement, les objectifs de cette étude étaient (i) d'identifier la présence d'une régénération naturelle d'EPO en plantation, (ii) de caractériser cette régénération en fonction de deux micro-habitats, (iii) d'évaluer l'avantage compétitif de l'EPO par rapport à la régénération des espèces arborescentes indigènes, (iv) d'examiner la susceptibilité de cette espèce

Basées sur les résultats de cette étude, des recommandations relatives à l'établissement des plantations d'EPO sont apportées en conclusion.

Les risques et les bénéfices liés à l'utilisation de cette espèce exotique doivent être mis en perspective dans un processus politique distinct qui idéalement impliquerait toutes les parties intéressées. Toutefois, cette étude peut être utilisée dans le cadre de la mise en oeuvre de la certification environnementale des pratiques forestières.

à l'herbivorie, (v) d'examiner le statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine, et (vi) d'analyser le risque d'envahissement des écosystèmes par l'EPO relatif à son introduction en Gaspésie. Basées sur les résultats de cette étude, des recommandations relatives à l'établissement des plantations d'EPO sont apportées en conclusion. Cette évaluation du risque de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO en Gaspésie est strictement scientifique et technique, et ne prend pas en considération les bénéfices socio-économiques liés à l'utilisation de cette espèce pour le reboisement. Les risques et les bénéfices liés à l'utilisation de cette espèce exotique doivent être mis en perspective dans un processus politique distinct qui idéalement impliquerait toutes les parties intéressées (Labrada 2004). Toutefois, cette étude peut être utilisée dans le cadre de la mise en oeuvre de la certification environnementale des pratiques forestières.

1 Méthodologie

Dix plantations pures d'EPO ont été sélectionnées sur le territoire de la Gaspésie. L'âge de la plantation varie de 30 à 32 années.

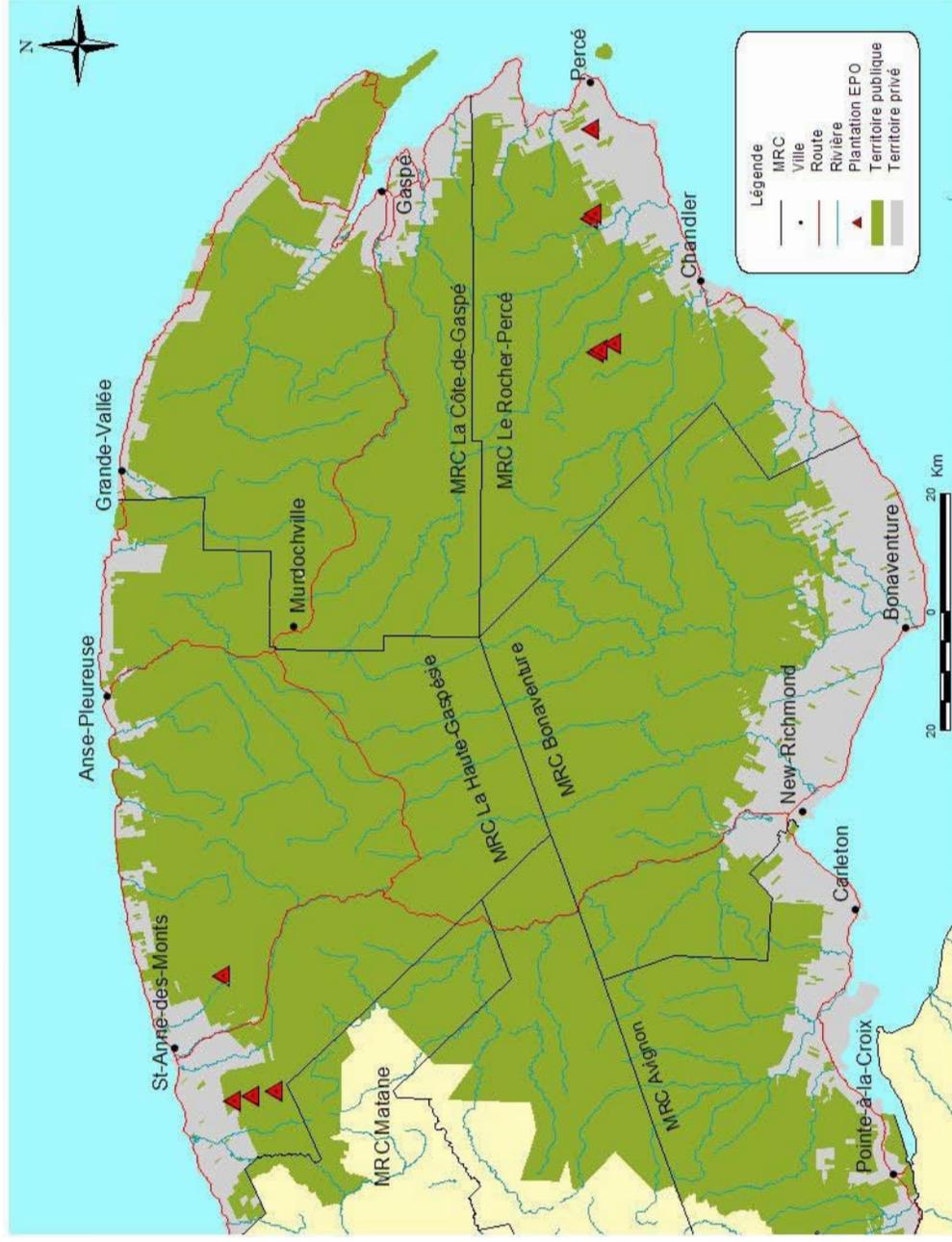
L'abondance des cônes par individu planté d'EPO a été évaluée de façon visuelle sur 3 à 7 individus situés dans la plantation.

1.1 DESCRIPTION DES PLANTATIONS D'EPO

Dix plantations pures d'EPO ont été sélectionnées en forêt publique sur le territoire de la Gaspésie (cartes 1, 2 et 3). Les dix plantations sélectionnées sont réparties géographiquement dans les Municipalités Régionales de Comté de la Haute-Gaspésie et du Rocher-Percé. Les plantations n'ayant pas fait l'objet de traitements sylvicoles (éclaircie précommerciale et/ou commerciale, élagage) ont été privilégiées. Les plantations utilisées comme source de semences n'ont pas été retenues, afin de ne pas implanter des sites d'étude dans des plantations présentant une plus faible disponibilité de semences et un patron de dispersion des semences modifié. Les plantations d'épinette de Norvège étudiées sont décrites dans le tableau 1. L'âge des plantations variait de 30 à 32 années (établies entre 1974 et 1976). La superficie des plantations varie de 4,5 à 71,8 ha. Leur altitude varie de 165 à 410 mètres. L'altitude des plantations a été déterminée d'après la cartographie en prenant comme référence la première parcelle du premier transect située au coin de la plantation. La pente observée au niveau du site d'étude étant faible, cette altitude de référence est jugée satisfaisante pour l'ensemble de la plantation. La classe de drainage, évaluée selon la clé de détermination du point d'observation écologique (Anonyme 1994), varie de modérément bon à imparfait. La hauteur moyenne des plantations varie de 10 à 15 mètres, et le diamètre à hauteur de poitrine varie de 125 à 235 millimètres. L'abondance des cônes par individu planté d'EPO a été évaluée de façon visuelle sur 3 à 7 individus situés dans la plantation. L'estimation a été rapportée en terme de classe d'abondance par individu (0; 1 - 10; 11 - 25; 26 - 40; 41+). Quelques remarques concernant la plantation sont ajoutées à la description.

Localisation des dix plantations d'EPO sélectionnées sur le territoire de la Gaspésie.

CARTE 1



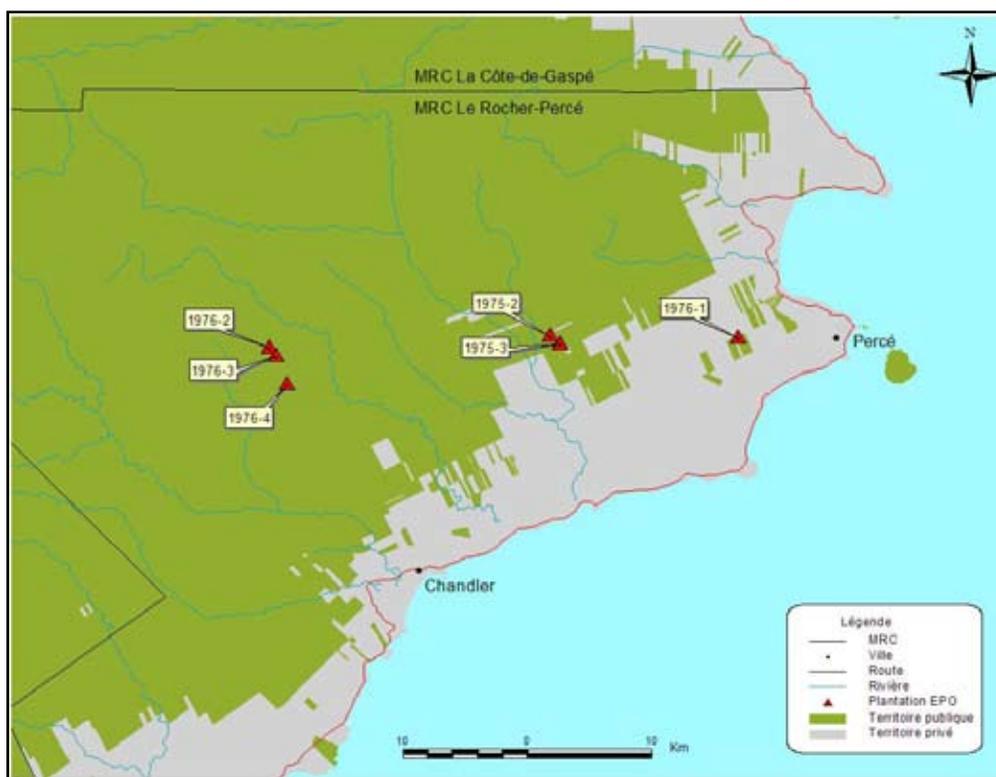
CARTE 2

Localisation des quatre plantations d'EPO sélectionnées dans la MRC de la Haute-Gaspésie.



CARTE 3

Localisation des six plantations d'EPO sélectionnées dans la MRC du Rocher-Percé.



TABEAU 1

Description des dix plantations d'épinette de Norvège sélectionnées sur le territoire de la Gaspésie. Le tableau 1 décrit les plantations selon l'année, l'âge, la superficie, l'altitude de la plantation, la classe de drainage, la classe de hauteur représentative et le diamètre à hauteur de poitrine représentatif des EPO plantées, l'abondance.

Identification de la plantation	Année de la plantation	Âge (Année)	Superficie (ha)	Altitude (m)	Classe de drainage	Hauteur représentative des EPO plantées (mm)	DHP Représentatif des EPO plantées (mm)	Abondance des cônes dans les EPO plantées	Densité totale de la régénération des espèces arborescentes (nb. d'individus/ha)
1974-2	1974	32	18,8	370	ND	ND	ND	26 - 40	12045
1974-3	1974	32	4,5	340	3	15	235	41 +	3182
1974-5	1974	32	15,5	410	ND	ND	ND	41 +	9432
1975-1	1975	31	6,1	400	3	13	197	26 - 40	1591
1975-2	1975	31	18,2	180	3	12	145	ND	11591
1975-3	1975	31	22,9	185	3	15	178	26 - 40	2841
1976-1	1976	30	22,4	165	3	12	137	1 - 10	5341
1976-2	1976	30	21,8	410	4	12	148	1 - 10	526
1976-3	1976	30	30,2	395	3 - 4	11	125	11 - 25	2159
1976-4	1976	30	23,3	390	3 - 4	10	129	26 - 40	8182

ND : non-disponible

Remarques :

- 1974-2 : quelques EPB.
- 1974-3 : plantation élaguée (1 arbre/5).
- 1974-5 : EPO : différentes classes de diamètre et de hauteur; sur le bord de la plantation (chemin), peu d'EPO, plus de SAB, d'EPB, de BOP, d'ERE et d'aulnes; plantation éclaircie; populations de COR et d'aulnes qui ont probablement limité la régénération d'EPO.
- 1975-1 : différentes classes de diamètre et de hauteur; présence d'EPB en plantation; quelque EPO et EPB ne se sont pas bien développées.
- 1975-3 : plantation élaguée; présence de SOA et BOP au pourtour et un peu à l'intérieur de la plantation; un peu d'EPB, mais presque uniquement de l'EPO dans la plantation.
- 1976-1 : différentes classes de diamètre et de hauteur; plantation mal-développée; présence de SAB, de BOP, et d'EPB; dégâts de porc-épic, arbres morts créant des ouvertures.
- 1976-2 : présence d'EPB le long du premier transect (bordure de la plantation le long du chemin).
- 1976-3 : différentes classes de diamètre et de hauteur surtout en bordure de la plantation.
- 1976-4 : présence d'EPB plantées dans la partie Nord de la plantation.

1.2 DESCRIPTION DU DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le premier transect a été installé dans l'emprise du chemin forestier en bordure de plantation. Le deuxième transect a été mis en place à l'intérieur de la plantation.

Pour chacune des 10 plantations, deux transects de 100 mètres ont été établis. Le premier transect a été installé à un coin de la plantation dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation. Le deuxième transect a été mis en place parallèlement au premier transect à l'intérieur de la plantation à une distance de 50 mètres.

Le long de ces deux transects, des parcelles circulaires de 4 m² (rayon = 1,13 m) ont été implantées temporairement tous les 10 mètres, la première parcelle débutant à la limite interne de la plantation. Ainsi, 11 parcelles ont été mises en place par transect pour un total de 22 parcelles par plantation, à l'exception d'une plantation (1976-2) pour laquelle il n'était possible d'installer que huit parcelles sur le transect à l'intérieur de la plantation (19 parcelles au total) (figure 1).

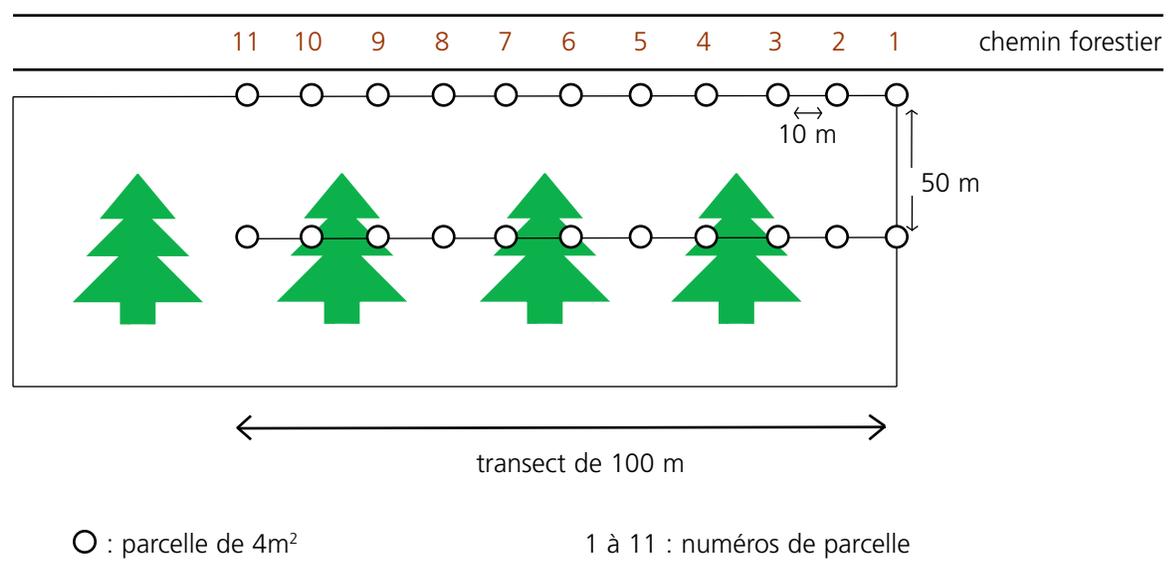


FIGURE 1 Schéma du dispositif expérimental.

Un relevé de la régénération des espèces arborescentes a été réalisé en juillet 2006.

1.3 VARIABLES MESURÉES

Un relevé de la régénération des espèces arborescentes a été réalisé en juillet 2006 dans les parcelles circulaires. Par ailleurs, la hauteur totale de chaque individu dénombré a été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer. Les individus dénombrés appartenaient au stade du semis et du gaulis et présentaient une hauteur totale comprise entre 1,5 et 300 cm inclusivement. Deux individus d'EPO, probablement établis lors de la plantation, mais présentant une plus faible croissance, étaient plus grands (5,0 m et 9,0 m). La hauteur représentative des individus d'EPO plantés a été mesurée à l'aide d'un clinomètre. Finalement, le broutage a été observé sur chaque individu dénombré, et l'identification de l'espèce animale a été réalisée, lorsque cela fut possible.

L'analyse génétique de l'ADN de rameaux a été utilisée pour établir le génotype et discriminer l'EPO de l'EPB.

1.4 IDENTIFICATION DES ÉPINETTES EN RÉGÉNÉRATION

L'identification des épinettes en régénération s'est faite à partir des traits distinctifs de chaque espèce (tableau 2). Toutefois, l'identification des semis d'EPO en forêt à partir des traits distinctifs s'est révélée délicate (Farrar 1996), puisque les traits sont très faiblement exprimés chez des semis présentant une hauteur inférieure à 30 cm. L'analyse génétique de l'ADN de rameaux échantillonnés (utilisation de marqueurs) a donc été utilisée pour établir le génotype et discriminer l'EPO de l'EPB. Les analyses génétiques ont été réalisées dans les laboratoires de la Chaire de recherche du Canada en génomique forestière et environnementale à l'Université Laval. Les rameaux prélevés ont été stockés au congélateur à une température de - 18 °C, puis envoyés à la Chaire. Les méthodes d'analyses génétiques et les résultats du génotypage sont présentées dans un rapport (Anonyme 2006). La photographie 1 illustre un électrophorégramme. L'identification des semis d'épinette noire présentait moins de difficultés (tableau 2).

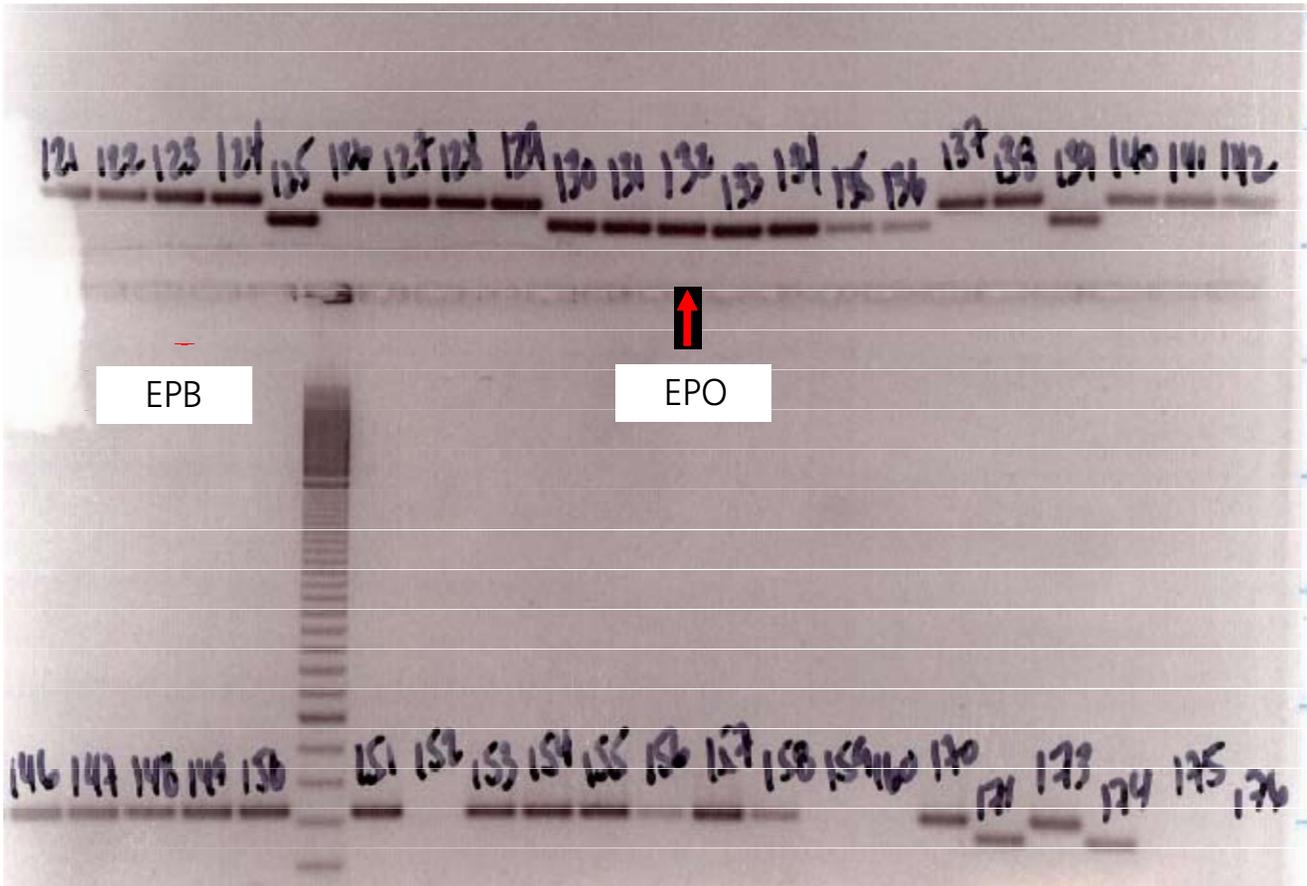
TABLEAU 2

Traits distinctifs de l'EPO, de l'EPB et de l'EPN (Farrar 1996).

	EPO	EPB	EPN
Aiguilles	Droites, rigides, longueur : 12 - 24 mm, aiguës, vert foncé sur tous les côtés; déclinées à la face inférieure du rameau, rabattues vers l'avant sur le dessus.	Vert bleuâtre	Longueur : 8 - 15 mm, obtuses, droites, vert grisâtres mat.
Bourgeons	Coniques, rougeâtres à brun pâle, obtus, non-résineux; écailles étroitement imbriguées; extrémité des écailles externes parfois ramifiée		Terminal obtus, gris brunâtre mat; écailles externes longues, étroites et acuminées.
Rameaux	Vert-crème, brun-orangé pâle avec l'âge, luisants, le plus souvent glabres.	Brillants, gris-verdâtre pâle, teintés d'orangé ou de pourpre, glabres; coussinets foliaires arrondis, sillons ouverts.	Brun jaunâtre mat, couverts de poils glanduleux (souvent glabres pour les très jeunes arbres); coussinets foliaires aplatis à sillons fermés.
Odeur		Âcre au froissement	

PHOTOGRAPHIE 1

Électrophorégramme



1.5 TRAITEMENT DES DONNÉES ET ANALYSES STATISTIQUES

Le traitement et l'analyse statistique des données ont porté sur un effectif de 362 SAB distribués parmi les dix plantations, 113 EPB distribuées parmi neuf plantations, 17 EPO distribuées parmi neuf plantations, cinq BOP retrouvés seulement dans une plantation, un PET, un PEB et un THO retrouvé dans une plantation.

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel JMP IN, version 5.1 (Institut SAS).

1.5.1 DENSITÉ ET FRÉQUENCE DE LA RÉGÉNÉRATION EN ESPÈCES ARBORESCENTES

La densité totale, la densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative de la régénération arborescente ont été calculées à l'échelle du site d'étude.

La densité totale, la densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative de la régénération arborescente ont été calculées à l'échelle du site d'étude selon les formules de calcul suivantes :

- La densité totale correspond au nombre total d'individus toutes espèces confondues par hectare :

$$DT (/ ha) = (\text{nombre total d'individus toutes espèces confondues sur le site d'étude} / \text{superficie échantillonnée sur le site d'étude}) \times 10000$$

- La densité de l'espèce i (densité spécifique) correspond au nombre total d'individus appartenant à l'espèce i par hectare :

$$DSi (/ ha) = (\text{nombre total d'individus appartenant à l'espèce i sur le site d'étude} / \text{superficie échantillonnée sur le site d'étude}) \times 10000$$

- La densité relative de l'espèce i correspond au pourcentage de la densité de l'espèce i par rapport à la densité totale :

$$DR_i (\%) = (DS_i / DT) \times 100$$

- La fréquence de l'espèce i (fréquence spécifique) décrit la distribution de l'espèce i sur le site d'étude, c'est-à-dire le pourcentage de parcelles où l'on retrouve l'espèce i par rapport au nombre total de parcelles échantillonnées sur le site d'étude :

$$F_i (\%) = (\text{nombre de parcelles où l'on retrouve l'espèce } i / \text{nombre total de parcelles échantillonnées}) \times 100$$

- La fréquence relative de l'espèce i correspond à la distribution d'une espèce par rapport à la distribution de toutes les espèces échantillonnées sur le site d'étude, c'est-à-dire le pourcentage de la fréquence de l'espèce i sur le site d'étude par rapport à la somme des fréquences spécifiques sur le site d'étude :

$$FR_i (\%) = (F_i / \sum F_i) \times 100$$

La densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative ont été calculées pour chaque espèce arborescente, seulement lorsque l'espèce était présente sur le site d'étude. Autrement dit, lorsque l'espèce arborescente était absente du site d'étude, la valeur de la densité spécifique, de la densité relative, de la fréquence spécifique et de la fréquence relative n'était pas nulle et n'était pas considérée pour le calcul.

La moyenne et l'erreur-type de la densité spécifique, de la densité relative, de la fréquence spécifique et de la fréquence relative ont été calculées. Les valeurs minimales et maximales de ces quatre variables sont rapportées.

L'hypothèse testée statuait que les densités et les fréquences de l'EPO seraient supérieures dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation qu'à l'intérieur de la plantation.

1.5.2 COMPARAISON DE LA DENSITÉ ET DE LA FRÉQUENCE DE L'EPO SELON LE MICRO-HABITAT

La densité totale, la densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative de la régénération arborescente ont également été calculées à l'échelle du transect selon les mêmes formules de calcul.

Une ANOVA à un seul facteur (micro-habitat) non-paramétrique (Kruskal-Wallis) a été réalisée pour comparer la densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative de l'EPO entre le transect installé dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation et le transect installé à l'intérieur de la plantation à une distance de 50 mètres. L'hypothèse testée statuait que les densités et les fréquences de l'EPO seraient supérieures dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation (premier transect) qu'à l'intérieur de la plantation (deuxième transect).

1.5.3 CONTRIBUTION RELATIVE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES ARBORESCENTES À LA RÉGÉNÉRATION ET DISTRIBUTION RELATIVE DE CES ESPÈCES SELON LES DEUX MICRO-HABITATS

La contribution relative des différentes espèces arborescentes à la régénération et la distribution relative de ces espèces ont été comparées selon les deux micro-habitats en tenant compte de l'ordre de classement décroissant de la densité relative et de la fréquence relative selon les deux micro-habitats.

1.5.4 DISTRIBUTION DE LA HAUTEUR DE LA RÉGÉNÉRATION DE L'EPO

L'analyse de la distribution de la hauteur de la régénération d'EPO s'est fait en subdivisant la régénération en cinq classes de hauteur :]1,0 – 5,0];]5,0 – 30,0];]30,0 – 100,0];]100,0 – 200,0];]200,0 – 300].

1.5.5 COMPARAISON INTERSPÉCIFIQUE DE LA HAUTEUR DE LA RÉGÉNÉRATION

Une ANOVA paramétrique à un seul facteur (espèce) a été réalisée pour comparer la hauteur de la régénération du SAB, de l'EPB, de l'EPO et du BOP. Le PET, le PEB et le THO n'ont pas été pris en compte, puisqu'un seul individu pour ces trois espèces a été dénombré dans le cadre de cette étude. Les différences entre les moyennes ont été détectées à l'aide du test de comparaison multiple HSD Tukey-Kramer. La hauteur a été transformée avec la fonction logarithmique népérienne pour respecter la normalité de la distribution et l'homogénéité de la variance. L'homogénéité de la variance a été vérifiée avec le test de Levene.

1.5.6 SUSCEPTIBILITÉ DE LA RÉGÉNÉRATION D'EPO AU BROUTAGE

Les observations relatives au broutage de la régénération d'EPO ont été simplement rapportées avec l'espèce animale probablement en cause.

1.6 EXAMEN DU STATUT DE NATURALISATION DE L'EPO ET D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'EPO À L'ÉCHELLE MONDIALE À LA SUITE DE SON INTRODUCTION À L'EXTÉRIEUR DE SON AIRE BIOGÉOGRAPHIQUE D'ORIGINE

La consultation de la littérature et des bases de données relatives aux espèces envahissantes a été réalisée, afin d'examiner le statut de naturali-

L'objectif de cette analyse était de compiler les mentions relatives au statut de naturalisation de cette espèce et d'invasion des écosystèmes par cette espèce.

Les mentions ont été ordonnées selon le degré de naturalisation de l'espèce et d'invasion des écosystèmes par cette espèce.

sation de l'EPO et d'invasion des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine. L'objectif de cette analyse n'était pas de fournir une évaluation quantitative du statut de cette espèce (ex : pourcentage de mentions rapportant le statut d'espèce naturalisée par rapport au nombre total de mentions), mais plutôt de compiler les mentions relatives au statut de naturalisation de cette espèce et d'invasion des écosystèmes par cette espèce. Par conséquent, l'analyse du statut de naturalisation de l'EPO et d'invasion des écosystèmes par l'EPO ne s'est pas intéressée à rapporter les mentions faisant état uniquement du caractère « exotique » et/ou « cultivée » de l'espèce dans les documents consultés. La consultation des documents a été réalisée de façon aussi exhaustive et détaillée que possible. Les documents consultés comprennent des flores, des articles scientifiques, des sites Internet, des synthèses de la littérature sur la biologie et l'écologie de l'espèce, des rapports gouvernementaux, intergouvernementaux et d'institutions universitaires. La source peut être qualifiée de primaire, de secondaire et parfois de tertiaire. Toutefois, lorsque les références primaires ou secondaires étaient disponibles, la liste des références a été consultée, afin d'éviter d'éventuels doublons. Lors de la lecture d'une source secondaire ou tertiaire, la consultation des références primaires ou secondaires n'a pas été systématiquement réalisée, les auteurs de ce rapport faisant confiance à l'auteur (aux auteurs) ou à l'institution. Le statut de naturalisation de l'EPO et d'invasion des écosystèmes par l'EPO, l'aire géographique de répartition, un certain nombre de notes relatives au risque de naturalisation de l'espèce et d'invasion des écosystèmes par l'espèce, ainsi que la source (incluant l'année de publication du document) ont été compilés.

Les mentions ont été ordonnées selon le degré de naturalisation de l'espèce et d'invasion des écosystèmes par cette espèce (gradient « plante étrangère - plante transformatrice » (Richardson et autres 2000)) en se basant sur le statut et les notes.

Étant donné que l'introduction de l'EPO en Gaspésie est relativement récente, que la maturité sexuelle de l'EPO ne se produit pas en moyenne avant 25 ans, et qu'il existe un délai temporel entre la première introduction d'une espèce ligneuse exotique et le début d'un phénomène d'invasion, une analyse du risque d'invasion des écosystèmes par l'EPO relatif à son introduction en Gaspésie a été menée.

1.7 ANALYSE DU RISQUE D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'EPO RELATIF À SON INTRODUCTION EN GASPÉSIE

Étant donné que l'introduction de l'EPO en Gaspésie est relativement récente (40 années) (Langis et Côté 2006), que la maturité sexuelle de l'EPO ne se produit pas en moyenne avant 25 ans (Anonyme 1999), et qu'il existe un délai temporel entre la première introduction d'une espèce ligneuse exotique et le début d'un phénomène d'invasion (Kowarick 1995; Binggeli et autres 1998), une analyse du risque d'invasion des écosystèmes par l'EPO relatif à son introduction en Gaspésie a été menée en se basant sur le système d'analyse du risque d'invasion des écosystèmes par une espèce végétale exotique (Pheloung et autres 1999). Par ailleurs, certains attributs taxonomiques et géographiques, et certains traits fonctionnels de l'espèce, potentiellement fortement corrélés avec le risque d'invasion des écosystèmes par des espèces ligneuses exotiques, ont été rapportés. Le système d'analyse du risque d'invasion des écosystèmes par une espèce végétale exotique a été suffisamment testé pour être adopté, et peut être utilisé pour effectuer un examen initial des espèces exotiques végétales avant leur introduction dans une nouvelle aire biogéographique (Krivanek et Pysek 2006; Gordon et autres 2008). Le système d'analyse du risque d'invasion des écosystèmes par une espèce végétale exotique est une méthode de notation basée sur un ensemble de 49 questions. Les questions font référence au statut (ex : espèce naturalisée ailleurs) et à la biogéographie (ex : profil climatique) de l'espèce, et à la biologie et à l'écologie de l'espèce (ex : mécanismes de dispersion des semences). Une note globale est calculée en fonction de la nature des réponses, et est utilisée pour effectuer une recommandation vis-à-vis de l'espèce (accepter, rejeter ou approfondir l'évaluation). Les instructions, la définition des questions et la pondération des réponses peuvent être retrouvés sur l'Internet (DAFF [date inconnue]; Daehler et Denslow [date inconnue]).

Deux scénarios extrêmes ont été envisagés : (i) un scénario « conservateur » et (ii) un scénario « libéral ».

Trois questions (2.0.1., 2.0.4., 8.0.5.) ont été reformulées pour mieux refléter les conditions de croissance prévalant dans le Nord-Est de l'Amérique du Nord. Étant donné que la notion de mauvaise herbe peut être subjective et qu'elle peut apparaître abusive pour les questions 3.0.2., 3.0.3., 3.0.4. et 3.0.5., que l'interprétation de la question 4.0.4. peut être discutable (seulement les herbivores ou également les rongeurs), et que les réponses aux questions 6.0.4. et 6.0.6 ne sont pas clairement établies dans la littérature, deux scénarios extrêmes ont été envisagés : (i) un scénario « conservateur » considérant que l'EPO est une mauvaise herbe environnementale, que d'autres membres du genre *Picea* sont des mauvaises herbes, qu'elle est inappétente pour les herbivores (et les rongeurs), qu'elle est capable de s'auto-féconder et de se reproduire végétativement; et (ii) un scénario « libéral » considérant l'inverse. Finalement, si la note issue de l'analyse du risque d'invasion des écosystèmes par l'EPO permet de conclure que l'espèce doit être évaluée de façon plus approfondie, un examen secondaire a été effectué pour déterminer de façon plus fine, si l'espèce peut être acceptée ou doit être rejetée. Cet examen secondaire repose sur un arbre de décision (Daehler et autres 2004) qui reprend quelques questions-clés du système d'analyse du risque d'invasion des écosystèmes par une espèce végétale exotique.

2 Résultats

2.1 DENSITÉ ET FRÉQUENCE DE LA RÉGÉNÉRATION DES ESPÈCES ARBORESCENTES

Les espèces arborescentes rencontrées dans les plantations d'EPO sont le SAB, l'EPB, le BOP, l'EPO, le PEB, le PET et le THO. La densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative de la régénération de ces différentes espèces arborescentes sont présentées au tableau 3. La densité spécifique de la régénération d'EPO varie entre 114 et 795 individus/ hectare, et est en moyenne de 217 individus/ hectare ($\pm 76,5$). La densité relative de la régénération d'EPO varie entre 0,98 et 25,02 %, et est en moyenne de 8,09 % ($\pm 3,27$). La fréquence spécifique de la régénération d'EPO varie de 4,55 à 27,27 %, et est en moyenne de 7,15 % ($\pm 2,52$). La fréquence relative de la régénération d'EPO varie de 3,70 à 35,28 %, et est en moyenne de 12,20 % ($\pm 3,67$). La régénération d'EPO est la quatrième espèce selon un ordre de classement décroissant après le SAB, l'EPB et le BOP, et avant le PEB, le PET et le THO pour la densité spécifique, la densité relative, la fréquence spécifique et la fréquence relative.

2.2 COMPARAISON DE LA DENSITÉ ET DE LA FRÉQUENCE DE L'EPO SELON LE MICRO-HABITAT

Aucune différence statistique significative n'a été détectée.

Bien que l'EPO soit plus dense et plus fréquente dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation (transect 1) qu'à l'intérieur de la plantation (deuxième transect) (tableau 4), aucune différence statistique significative n'a été détectée au niveau de la densité spécifique ($p = 0,881$), de la densité relative ($p = 0,600$), de la fréquence spécifique ($p = 0,317$) et de la fréquence relative de l'EPO ($p = 0,295$) entre le transect installé dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation et le transect installé à l'intérieur de la plantation à une distance de 50 mètres.

TABLEAU 3

Densité spécifique, densité relative, fréquence spécifique et fréquence relative du SAB, de l'EPB, du PET, de l'EPO, du PEB, du PET et du THO.

Variable	Nb. Plantations		10		9		1		9		1		1	
	Espèce	SAB	SAB	EPB	EPB	BOP	EPO	PEB	PET	THO				
Densité spécifique (nb. d'individus/ha)	moy. ± ET	4119 ± 1098,4		1427 ± 510,7	568*	$217 \pm 76,5$	114*	114*	114*	114*				
	min.	395		114	ND	$\frac{114}{795}$	ND	ND	ND	ND				
	max.	10341		4545	ND		ND	ND	ND	ND				
Densité relative (%)	moy. ± ET min.	69,20 ± 5,61		24,61 ± 5,70	10,64*	$8,09 \pm 3,27$	0,94*	0,94*	0,94*	1,20*				
	max.	42,85		2,13	ND	$\frac{0,98}{25,02}$	ND	ND	ND	ND				
		89,15		50,00	ND		ND	ND	ND	ND				
Fréquence spécifique (%)	moy. ± ET	43,40 ± 7,76		22,73 ± 4,15	13,64*	$7,15 \pm 2,52$	4,55*	4,55*	4,55*	4,55*				
	min.	15,79		4,55	ND	$\frac{4,55}{27,27}$	ND	ND	ND	ND				
	max.	81,82		45,45	ND		ND	ND	ND	ND				
Fréquence relative (%)	moy. ± ET	59,31 ± 4,80		29,55 ± 4,27	18,78*	$12,20 \pm 3,67$	4,55*	4,55*	4,55*	3,71*				
	min.	29,40		6,26	ND	$\frac{3,70}{35,28}$	ND	ND	ND	ND				
	max.	75,13		50,06	ND		ND	ND	ND	ND				

Le nombre de plantations dans lesquelles l'espèce est retrouvée est indiqué.

Moy. : moyenne; min. : minimum; max. : maximum; ET : erreur-type.

ND : non-disponible.

TABLEAU 4

Densité spécifique, densité relative, fréquence spécifique et fréquence relative de l'EPO selon le micro-habitat.

	Emprise du chemin en bordure de plantation (moy.± ET)	Intérieur de la plantation (moy. ± ET)
Densité spécifique (nb. d'individus/ha)	455 ± 227,3	318 ± 90,9
Densité relative (%)	24,65 ± 11,42	5,70 ± 0,58
Fréquence spécifique (%)	16,36 ± 7,27	9,09 ± 0,00
Fréquence relative (%)	27,50 ± 9,31	14,02 ± 2,92

2.3 CONTRIBUTION RELATIVE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES ARBORESCENTES À LA RÉGÉNÉRATION ET DISTRIBUTION RELATIVE DE CES ESPÈCES SELON LES DEUX MICRO-HABITATS

La régénération des espèces arborescentes dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation comprend le SAB, le BOP, l'EPB, l'EPO, le PEB et le PET, tandis que la régénération des espèces arborescentes à l'intérieur de la plantation est composée de SAB, de l'EPB, de l'EPO, de BOP et de THO.

Selon l'ordre de classement décroissant de la densité relative et de la fréquence relative, l'EPO se situe en quatrième position (après le SAB, le BOP et l'EPB), lorsqu'elle est présente dans l'emprise du chemin forestier en bordure de la plantation, et en troisième position, lorsqu'elle est présente à l'intérieur de la plantation (après le SAB et l'EPB) (tableau 5).

TABLEAU 5

Ordre de classement, densité relative et fréquence relative des différentes espèces arborescentes selon les deux micro-habitats.

Ordre de classement décroissant des espèces	Densité relative (%)		Fréquence relative (%)	
	Emprise du chemin en bordure de plantation	Intérieur de la plantation	Emprise du chemin en bordure de plantation	Intérieur de la plantation
1 ^{er}	SAB (48,97)	SAB (83,83)	SAB (48,42)	SAB (70,21)
2 ^e	BOP (40,00)	EPB (16,06)	EPB (36,40)	EPB (26,16)
3 ^e	EPB (37,85)	<u>EPO (5,70)</u>	BOP (33,30)	<u>EPO (14,02)</u>
4 ^e	<u>EPO (24,65)</u>	BOP (2,70)	<u>EPO (27,50)</u>	BOP (10,00)
5 ^e	PEB (3,12)	THO (1,96)	PEB (8,33)	THO (8,33)
6 ^e	PET (3,12)	ND	PET (8,33)	ND

ND : non-disponible

2.4 DISTRIBUTION DE LA HAUTEUR DE LA RÉGÉNÉRATION DE L'EPO

Dix-sept individus d'EPO retrouvés dans neuf plantations ont été identifiés dans les dix plantations. La distribution de la hauteur de la régénération d'EPO est présentée à la figure 2. La distribution de la hauteur est la suivante : cinq individus dans la classe de hauteur incluant des individus d'une hauteur comprise entre la limite strictement supérieure de 1,0 cm et la limite inférieure ou égale à 5 cm (29,41 %); dix individus dans la classe de hauteur incluant des individus d'une hauteur comprise entre la limite strictement supérieure de 5,0 cm et la limite inférieure ou égale à 30 cm (58,82 %); aucun individu dans la classe de hauteur incluant des individus d'une hauteur comprise entre la limite strictement supérieure de 30,0 cm et la limite inférieure ou égale à 100,0 cm; deux individus dans la classe de hauteur incluant des individus d'une hauteur comprise entre la limite strictement supérieure de 100,0 cm et la limite inférieure ou égale à 200,0 cm (11,76 %); aucun individu dans la classe de hauteur incluant des individus d'une hauteur comprise entre la limite strictement supérieure de 200,0 cm et la limite inférieure ou égale à 300,0 cm.

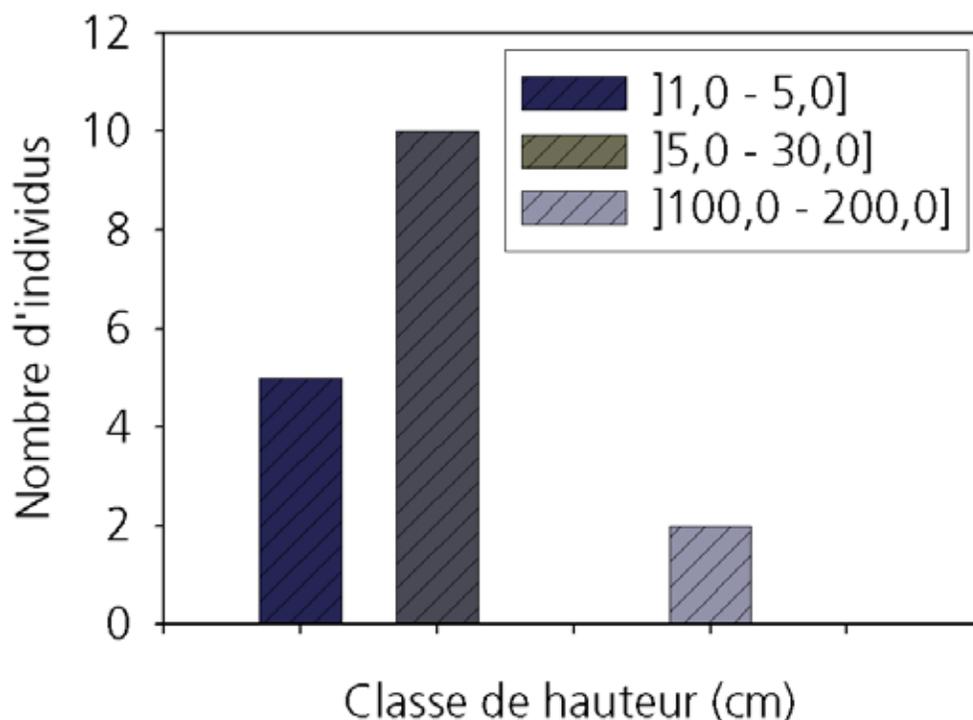


FIGURE 2

Distribution de la hauteur de la régénération de l'EPO.

2.5 COMPARAISON INTERSPÉCIFIQUE DE LA HAUTEUR DE LA RÉGÉNÉRATION

La régénération de l'EPO présente une hauteur comparable à la régénération du SAB et de l'EPB.

La figure 3 présente la comparaison interspécifique de la hauteur de la régénération (avec l'effectif). La régénération de l'EPO présente une hauteur comparable à la régénération du SAB et de l'EPB, et une hauteur significativement inférieure à la régénération du BOP ($p < 0,0001$).

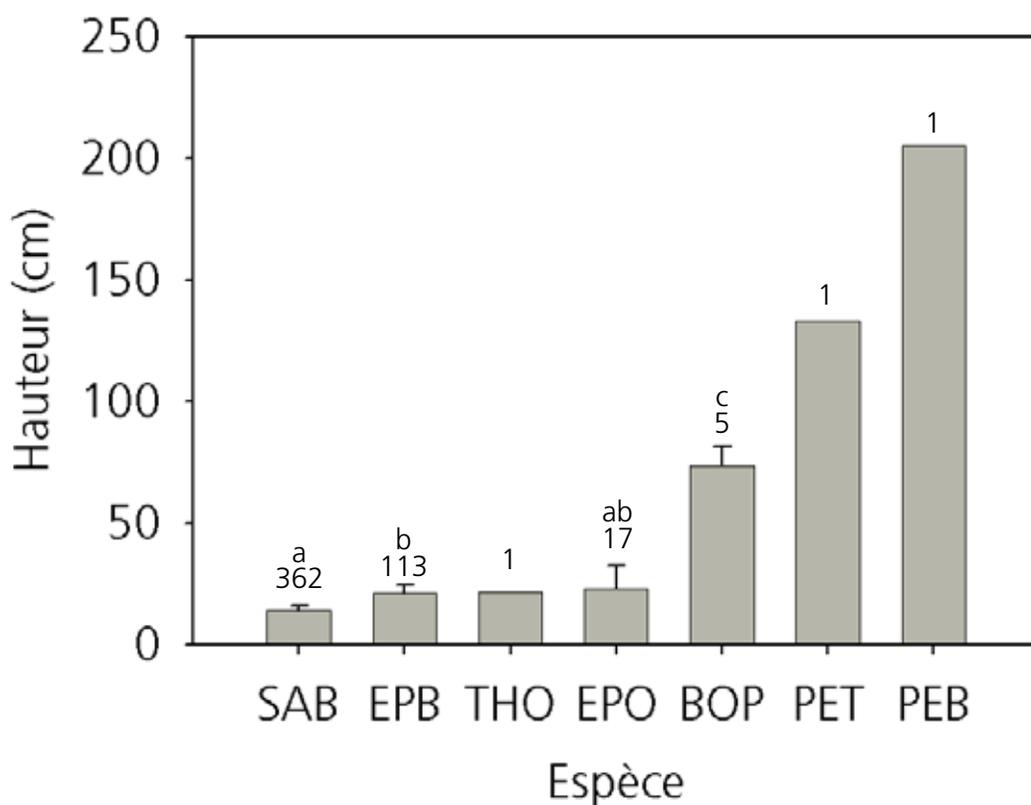


FIGURE 3

Comparaison interspécifique de la hauteur de la régénération (avec l'effectif).

Le statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale est très variable.

2.6 SUSCEPTIBILITÉ DE LA RÉGÉNÉRATION D'EPO AU BROUTAGE

Un seul individu d'EPO sur les 17 individus d'EPO a été brouté faiblement, fort probablement par un lièvre au cours des années précédentes. L'individu mesurait 105 cm.

2.7 EXAMEN DU STATUT DE NATURALISATION DE L'EPO ET D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'EPO À L'ÉCHELLE MONDIALE À LA SUITE DE SON INTRODUCTION À L'EXTÉRIEUR DE SON AIRE BIOGÉOGRAPHIQUE D'ORIGINE

Le statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine est très variable (tableau 6) : l'EPO est parfois considérée comme étant une espèce exotique ne pouvant pas se régénérer naturellement, pouvant se régénérer naturellement, non-naturalisée, « temporaire », naturalisée (localement; établie; mais pas envahissante), envahissante (potentiellement; mineure; modérément; imprévisible), ne présentant pas d'effets néfastes sur les écosystèmes, ou transformatrice (mauvaise herbe « environnementale », mauvaise herbe).

TABEAU 6

Examen du statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale à la suite de son introduction à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine.

Statut de l'espèce	Aire géographique	Notes	Source
Pas de régénération naturelle.	Nouvelle-Écosse	Six plantations âgées de 32 à 57 ans; pas de régénération naturelle en Nouvelle-Écosse.	Anonyme 1990
Pas de régénération naturelle.	Alaska	Production de cônes.	Alden 2006
Très peu de régénération naturelle.	Luxembourg	Semis quasiment absents dans 50 plantations d'EPO.	Héroult et autres 2004
Régénération naturelle possible.	Québec	Retrouvée actuellement qu'en plantation.	Rouleau 1990
Régénération naturelle possible.	Québec	Observation de semis le long des chemins à proximité des plantations et dans les ouvertures (disponibilité de la lumière); les conditions dans les plantations ne semblent pas propices à la germination des graines et à l'établissement des semis; graines viables et très bon taux de germination en pépinière.	Langis et Côté 2006
Régénération naturelle	Nouvelle-Zélande	Faible nombre d'individus; impact potentiel variable selon la diversité végétale indigène.	Ledgard 2001
Non-naturalisée	New-Hampshire	ND	Frappier et Eckert 2003
Reproduction dans l'aire d'introduction.	États-Unis	Naturalisée ou « échappée » d'une culture; le potentiel de supplanter la végétation indigène par la compétition ou d'engendrer des impacts néfastes n'est pas mentionné.	Coder 1998
Faible potentiel d'envahissement ¹ .	Nouvelle-Zélande	Définition : ¹ : espèce à peine naturalisée de façon très locale (d'après le taux d'invasion).	Bellingham et autres 2004
Espèce « temporaire ¹ »	Canterbury (NZ)	Définition : ¹ : espèce se régénérant seulement dans la proximité immédiate des individus parentaux cultivés, ou étant plus étendue, mais seulement en faible nombre ou à titre d'individus isolés.	Mahon 2007
Naturalisée localement	Au moins dans la région nordique centrale des États-Unis et les régions adjacentes du Canada.	ND	Taylor 1993
Naturalisée	Du Connecticut au Michigan et probablement ailleurs.	ND	Sullivan 1994

Établie ¹	Belgique; Danemark; Grande-Bretagne; Irlande; Luxembourg; Madère; Norvège; Espagne; Suède	Définition : ¹ : espèce qui a formé des populations se reproduisant dans son aire d'introduction.	DAISIE European Invasive Alien Species Gateway 2008
Naturalisée	Australie	Dans les écosystèmes naturels; peut constituer un problème mineur, mais pas considéré suffisamment important pour justifier un contrôle, quelque soit la localisation.	Groves et autres 2003
Naturalisée, mais pas envahissante	Idaho	ND	Hayson et Murphy 2003
Naturalisée, mais pas envahissante.	Nouvelle-Galles du Sud (Australie); Grande-Bretagne; République tchèque; Irlande; Pologne; Espagne; Nouvelle-Angleterre (É-U).	ND	Richardson et Rejmánek 2004
Potentiel d'envahissement faible ou inexistant.	États-Unis	ND	Gilman et Watson 1994
Pas tendance à devenir envahissante.	Canada	Pas compatible avec les espèces d'épinettes indigènes d'un point de vue de la reproduction sexuée (pas de flux génétique); pas tendance à présenter des effets négatifs sur l'environnement.	SCF [date inconnue]
Potentiellement envahissante	Canada	ND	Thompson 1999
« Envahissante mineure »	Amérique du Nord	ND	Reichard et Hamilton 1997
Modérément envahissante ¹	A l'échelle mondiale.	Définition : ¹ : espèce qui se répand, mais qui est encore présente à de faibles densités et qui n'est pas jugée représenter un problème immédiat.	Binggeli 1999
Envahissante	Hawaï; Maryland; Tennessee.	Parc national « Great Smoky Mountains » (Caroline du Nord et Tennessee), parc national « Haleakala » (Hawaï) et parc et champ de bataille nationaux « Monocacy » (Maryland).	Swearingen 2008
Potentiel d'envahissement imprévisible.	A l'échelle mondiale.	ND	Anonyme 1999
Pas d'effets néfastes.	Nord-Ouest des États-Unis (Idaho, Montana, Oregon, Washington et Wyoming).	Pas d'expansion des populations.	Rice 1997 - 2008
Espèce « s'échappant » occasionnellement du lieu de plantation vers des sites adjacents, mais ne posant pas de problèmes.	Wisconsin	ND	Fewless 2001 - 2006
Mauvaise herbe « environnementale ».	Nouvelle-Zélande	Faible impact	Howell 2008
Possiblement préoccupante	Canada	Impact : forme des canopées denses « à feuilles persistantes » dans les forêts feuillues.	FCF 2003
Espèce « échappée » d'une culture ¹ , mauvaise herbe « environnementale » ² , naturalisée ³ , mauvaise herbe ⁴ .	À l'échelle mondiale (Danemark, Cornouailles et Îles Scilly, Angleterre, Canada, Équateur, États-Unis d'Amérique, Australie, Nouvelle-Zélande, Grande-Bretagne, Irlande, Île de Man et Îles Anglo-Normandes).	Définitions : ¹ : « cultivation escape »; ² : espèce qui envahit des « écosystèmes indigènes » (« environmental weed »); ³ : l'espèce présente des populations se maintenant et s'étalant sans l'intervention de l'homme. L'espèce ne présente pas nécessairement des impacts sur l'environnement. La capacité d'une espèce à se naturaliser dans des environnements étrangers est toutefois un bon indicateur du potentiel à devenir une mauvaise herbe. ⁴ : espèce présentant des impacts économiques (« weed »).	Randall 2007
ND : non-disponible.			

2.8 ANALYSE DU RISQUE D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'EPO RELATIF À SON INTRODUCTION EN GASPÉSIE

Selon le scénario « conservateur », l'espèce est rejetée, et selon le scénario « libéral », l'EPO doit faire l'objet d'une évaluation plus approfondie. Certains attributs taxonomiques et géographiques, et certains traits fonctionnels de l'espèce, fortement corrélés avec le risque d'invasion des écosystèmes par des espèces ligneuses exotiques peuvent possiblement accroître le risque d'invasion des écosystèmes par l'EPO.

Selon le système d'analyse du risque d'invasion des écosystèmes par une espèce végétale exotique (Pheloung et autres 1999), une note de 15 est attribuée au scénario « conservateur », et une note de 3 est attribuée au scénario « libéral » (tableau 7). Selon le scénario « conservateur », l'espèce est rejetée, et selon le scénario « libéral », l'espèce doit faire l'objet d'une évaluation plus approfondie. Pour le scénario « libéral », l'utilisation de l'examen secondaire (Daehler et autres 2004) n'a pas permis de préciser le risque d'invasion des écosystèmes par l'EPO : l'EPO doit faire l'objet d'une évaluation plus approfondie. Par ailleurs, certains attributs taxonomiques et géographiques, et certains traits fonctionnels de l'espèce, fortement corrélés avec le risque d'invasion des écosystèmes par des espèces ligneuses exotiques peuvent possiblement accroître le risque d'invasion des écosystèmes par l'EPO : l'appartenance au genre *Picea* et à la famille des pinacées qui inclut des espèces qui sont déjà fortement envahissantes en Amérique du Nord (Reichard et Hamilton 1997; Haysom et Murphy 2003; Richardson et Rejmánek 2004; Randall 2007), l'existence d'un phénomène d'invasion à l'extérieur de l'Amérique du Nord (cf. tableau 6) (Reichard et Hamilton 1997), une grande étendue latitudinale dans l'aire de répartition d'origine (Rice 1997 - 2008; Frappier et Eckert 2003), un taux de croissance élevé des individus (Hall 2000; Frappier et Eckert 2003), une bonne capacité de tolérance aux températures minimales (Frappier et Eckert 2003; NRCS-USDA 2008), un court intervalle entre les bonnes années semencières (Richardson et Rejmánek 2004; Langis et Côté 2006), une dispersion efficace des graines par le vent (Anonyme 1999) et un couvert dense qui réduit la disponibilité de la lumière et par conséquent la compétition (Sullivan 1994; Anonyme 1999; Hall 2000). Finalement, la forte tolérance à l'ombre de l'EPO lui confère un avantage compétitif sur presque toutes les espèces feuillues et la végétation de sous-bois, si les régimes de température lui sont favorables (Anonyme 1999).

TABLEAU 7 ANALYSE DU RISQUE D'ENVAHISSEMENT DES ÉCOSYSTÈMES PAR L'ÉPO RELATIF À SON INTRODUCTION EN GASPÉSIE.

Critères d'évaluation	Scénario		Sources
	A	B	
A. Statut/ Biogéographie			
1. Domestication/pratiques culturelles			
1.0.1 Espèce fortement domestiquée ?	n	n	NA
1.0.2 Espèce naturalisée dans son milieu de culture ?	NA	NA	-
1.0.3 Existe-t-il des taxons (sous-espèce, variété, cultivar) sauvages proches d'un point de vue taxonomique ?	NA	NA	-
2. Climat et distribution			
2.0.1 Est-ce-que l'espèce est adaptée aux climats du Nord-Est de l'Amérique du Nord (0 - faible; 1 - intermédiaire; 2 - élevé) ?	2	2	SCF 2007
2.0.2 Qualité des données avec le diagnostic climatique (0 - faible; 1 - intermédiaire; 2 - élevé) ?	2	2	SCF 2007
2.0.3 Aptitude à survivre et à croître dans zones climatiques variées ?	0	0	Skrøppa 2003; SCF 2007
2.0.4 Indigène ou naturalisée dans des régions au climat tempéré nordique ?	0	0	Skrøppa 2003; DAISIE European Invasive Alien Species Gateway 2008
2.0.5 Est-ce-que l'espèce présente un historique d'introductions répétées à l'extérieur de son aire de répartition naturelle ?	0	0	Cf. tableau 6; Langis et Côté 2006
3. Mauvaise herbe ailleurs			
3.0.1 Naturalisée au-delà de son aire de répartition naturelle ?	0	0	Cf. tableau 6
3.0.2 Mauvaise herbe des sites perturbés/aménagement de loisirs et d'agrément/jardins ?	NA	n	NA
3.0.3 Mauvaise herbe en foresterie/horticulture/agriculture ?	NA	n	NA
3.0.4 Mauvaise herbe environnementale ?	0	n	Cf. tableau 6
3.0.5 Autres membres du genre sont des mauvaises herbes ?	0	n	Randall 2007
B. Biologie/ Écologie			
4. Traits fonctionnels indésirables			
4.0.1 Produit des épines ou des crochets ?	n	n	NA
4.0.2 Allélopathique ?	n	n	NRCS-USDA 2008
4.0.3 Parasite ?	n	n	NA
4.0.4 Inappétent pour les herbivores ?	0	n	Sullivan 1994; NRCS-USDA 2008
4.0.5 Toxique pour les animaux ?	n	n	NRCS-USDA 2008
4.0.6 Hôte pour des ravageurs et des pathogènes reconnus ?	0	0	Boucher et autres 2001
4.0.7 Cause des allergies, ou sinon toxique pour les êtres humains ?	n	n	NRCS-USDA 2008
4.0.8 Présente un risque d'incendie dans les écosystèmes naturels ?	n	n	NRCS-USDA 2008
4.0.9 Espèce tolérante à l'ombre à certains stades de son cycle de vie ?	0	0	Anonyme 1999
4.10 Croît sur les sols infertiles ?	0	0	Sullivan 1994; NRCS - USDA 2008
4.11 Liane ou plante grimpanche, ou tendance à étouffer la végétation environnante ?	n	n	NA
4.12 Forme des fourrés denses ?	n	n	NA

5. Type de plants						
5.0.1 Plante aquatiques ?	n	n	n	n	NA	NA
5.0.2 Plante herbacée ?	n	n	n	n	NA	NA
5.0.3 Plante ligneuse fixatrice d'azote ?	n	n	n	n	NA	NA
5.0.4 Géophyte ?	n	n	n	n	NA	NA
6. Reproduction						
6.0.1 Preuve d'un échec reproductif substantiel dans l'habitat d'introduction ?	n	n	n	n	Anonyme 1999	Anonyme 1999
6.0.2 Produit des graines viables ?	o	o	o	o	Anonyme 1999; Mencuccini et autres 1995	Mencuccini et autres 1995
6.0.3 S'hybride naturellement ?	n	n	n	n	Anonyme 1999	Anonyme 1999
6.0.4 Autofécondation ?	o	o	o	o	Anonyme 1999	Anonyme 1999
6.0.5 Nécessite des pollinisateurs spécialisés ?	n	n	n	n	Anonyme 1999	Anonyme 1999
6.0.6 Reproduction par propagation végétative ?	o	o	n	n	Anonyme 1999; NRCS-USDA 2008	Anonyme 1999; NRCS-USDA 2008
6.0.7 Temps de génération minimum (années) ?	25	25	25	25	Anonyme 1999	Anonyme 1999
7. Mécanismes de dispersion						
7.0.1 Propagules susceptibles d'être dispersés non-intentionnellement ?	n	n	n	n	NA	NA
7.0.2 Propagules dispersés intentionnellement par les gens ?	o	o	o	o	NA	NA
7.0.3 Propagules susceptibles de se disperser à titre de contaminants de produits agricoles, forestiers ou horticoles ?	n	n	n	n	NA	NA
7.0.4 Propagules adaptés à la dispersion par le vent ?	o	o	o	o	Anonyme 1999	Anonyme 1999
7.0.5 Propagules flottants ?	n	n	n	n	NA	NA
7.0.6 Propagules dispersés par les oiseaux ?	o	o	o	o	Anonyme 1999	Anonyme 1999
7.0.7 Propagules dispersés par les autres animaux (par voie externe) ?	ND	ND	ND	ND	NA	NA
7.0.8 Propagules dispersés par les autres animaux (par voie interne) ?	ND	ND	ND	ND	NA	NA
8. Attributs de persistance						
8.0.1 Production de graines prolifique (> 500 graines/m ² /an) ?	n	n	n	n	Mencuccini et autres 1995	Mencuccini et autres 1995
8.0.2 Preuve qu'une banque de propagules persistants est formé (> 1 an) ?	o	o	o	o	Anonyme 1999	Anonyme 1999
8.0.3 Bien contrôlée par les herbicides ?	o	o	o	o	L. Leblanc 2008, communication personnelle, Rexforêt, New Richmond; G. Mioussé, communication personnelle, AFOGiM, New Richmond	L. Leblanc 2008, communication personnelle, Rexforêt, New Richmond; G. Mioussé, communication personnelle, AFOGiM, New Richmond
8.0.4 Tolère ou bénéficie de la mutilation, des pratiques culturales ou du feu ?	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8.0.5. Présence d'ennemis naturels efficaces dans le Nord-Est de l' 'Aérique du Nord ?	n	n	n	n	Sullivan 1994; Anonyme 1999	Sullivan 1994; Anonyme 1999
Note	15	15	15	3		
Légende :						
n: non; o : oui; NA : non-applicable; ND : non-disponible						

3 Discussion

L'EPO se régénère naturellement à une densité de 217 individus/ha. Elle compose une portion non-négligeable de la régénération arborescente, mais est relativement peu fréquente.

La majorité de la population d'EPO est constituée de semis. L'EPO semble moins compétitive que le BOP, mais elle est aussi compétitive que l'EPB et le SAB.

Nos résultats indiquent que l'EPO se régénère naturellement dans neuf plantations (17 individus) à une densité de 217 individus/ha. Cette densité peut être considérée moyenne, si l'on tient compte de la fermeture du couvert qui engendre des conditions peu favorables à la régénération, du début de la maturité sexuelle des arbres plantés et de la densité d'EPO habituellement plantées. L'EPO compose une portion non-négligeable de la régénération arborescente avec une densité relative de 8 %, mais est relativement peu fréquente avec une fréquence relative de 12 %. La régénération d'EPO est la quatrième espèce selon un ordre de classement décroissant après le SAB, l'EPB et le BOP.

Bien que les différences de densité et de fréquence ne soient pas statistiquement significatives (probablement à cause du faible effectif), la régénération de l'EPO tend à être plus importante dans l'emprise du chemin le long de la plantation. Des conditions environnementales, telles que la plus grande ouverture du couvert végétal et la plus forte présence de substrat minéral (Frehner 2001, citée dans Langis et Côté 2006) pourraient favoriser la germination et l'établissement des semis d'EPO dans l'emprise du chemin le long de la plantation. Dans ce cas, la régénération de l'EPO serait facilitée dans les habitats perturbés.

La majorité de la population d'EPO (15 individus; 88%) est constituée de semis présentant une hauteur inférieure à 30 cm. Environ 12% de la population d'EPO (2 individus) appartient au stade de jeune gaulis ([100,0 – 200,0 cm]). L'EPO semble moins compétitive que le BOP, mais elle est aussi compétitive que l'EPB et le SAB. La forte tolérance à l'ombre (Anonyme 1999) et la capacité de reprise de la croissance à la suite d'une ouverture de la canopée (Sullivan 1999) suggèrent que les semis d'EPO issus de la régénération naturelle pourraient contribuer de manière significative à la composition du prochain peuplement.

Dans le cadre des plantations étudiées, l'EPO ne semble pas particulièrement affectée par l'herbivorie, malgré les faits que les jeunes plantations

Les impacts de l'introduction de l'EPO sur les écosystèmes de la Gaspésie sont présumément faibles, mais restent à documenter. Des études complémentaires à plus long terme devraient être menées, afin de statuer avec plus de certitude sur la possibilité de naturalisation et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO.

d'EPO constituent un habitat hivernal idéal pour le lièvre d'Amérique, et que le broutage des semis et des gaullis d'EPO en plantation par cette espèce peut être intense au Québec (Bergeron et Tardif 1988). Les épinettes sont généralement considérées comme étant des essences importantes pour la faune (Farrar 1996) : le chevreuil et le lièvre broutent ses pousses, le porc-épic broute son écorce, et les oiseaux et les petits rongeurs se nourrissent de ses bourgeons et de ses graines.

Actuellement, il demeure difficile d'établir de façon définitive le statut de l'EPO sur le territoire de la Gaspésie, puisque le statut de l'EPO à l'extérieur de son aire biogéographique d'origine est très variable, puisque l'introduction de l'espèce en Gaspésie est relativement récente (40 années) (Langis et Côté 2006), et puisque les individus plantés en Gaspésie commencent seulement à atteindre leur maturité sexuelle. Toutefois, l'existence d'une régénération naturelle d'EPO, l'examen du statut de naturalisation de l'EPO et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO à l'échelle mondiale, et l'analyse du risque d'envahissement des écosystèmes par l'EPO indiquent que l'utilisation de l'EPO pour le reboisement en Gaspésie semble présenter un risque élevé de naturalisation de l'espèce, et un risque moyen d'envahissement des écosystèmes par cette espèce (taux de propagation relativement lent) (Bellingham et autres 2004; NRCS-USDA 2008; Rice 1997 - 2008). Les impacts de l'introduction de l'EPO sur les écosystèmes de la Gaspésie sont présumément faibles (cf. tableau 6), mais restent à documenter (ex. : impacts sur la biodiversité). Des études complémentaires à plus long terme, telles que la réponse de la régénération d'EPO à la suite d'ouverture de la canopée par des perturbations naturelles (chablis) ou anthropiques (éclaircie commerciale) et le patron d'envahissement (si envahissement vérifié) des écosystèmes voisins, devraient être menées, afin de statuer avec plus de certitude sur la possibilité de naturalisation et d'envahissement des écosystèmes par l'EPO. Plusieurs facteurs peuvent expliquer les différences observées dans la littérature relatives au statut de l'EPO. Premièrement, tous les cas de naturalisation et d'envahissement

des écosystèmes par les espèces exotiques ne sont pas étudiés et rapportés. Deuxièmement, il est possible que dans d'autres cas, il ne se soit pas écoulé suffisamment de temps depuis l'introduction de l'espèce pour que le phénomène d'envahissement des écosystèmes puisse s'exprimer (Kowarik 1995; Binggeli et autres 1998). Une troisième possibilité peut résulter du fait que le pouvoir envahissant n'est pas purement qu'un trait caractéristique de l'espèce, mais est issu d'une interaction complexe entre la biologie de la reproduction de l'espèce, les caractéristiques de l'habitat, l'aménagement du territoire, les caractéristiques du paysage et la flore locale (Haysom et Murphy 2003).

Finalement, certains facteurs peuvent potentiellement accroître le risque d'envahissement des écosystèmes par l'EPO. Premièrement, les programmes d'amélioration génétique de l'EPO contribuent à la sélection de traits fonctionnels susceptibles de la rendre plus envahissante. Par exemple, la plus grande croissance des tiges et la plus forte résistance aux insectes et aux maladies des plants améliorés génétiquement (MRNF 2006a, citée dans Langis et Côté 2006) accroissent l'habileté compétitive de l'espèce vis-à-vis des espèces indigènes. Au Québec, les travaux sur l'EPO ont permis des gains de croissance en hauteur de l'ordre de 10 à 12 % en 20 ans. Deuxièmement, l'EPO est l'espèce d'épinette la plus tolérante d'un point de vue climatique dans le genre *Picea* sp. possiblement à cause des adaptations à des fluctuations climatiques rapides durant les dernières glaciations en Europe (Earle et Frankis 1999). Les changements climatiques en cours changeront fort probablement son aire d'introduction potentielle (SCF 2007). Finalement, l'augmentation annuelle du nombre d'années depuis la première introduction de l'EPO en Gaspésie peut potentiellement augmenter la tendance de l'EPO à se naturaliser en Gaspésie (Krivanek et autres 2006).

Conclusion et recommandations sylvicoles

L'utilisation de l'EPO pour le reboisement en Gaspésie semble présenter un risque élevé de naturalisation de l'espèce, et un risque moyen d'invasion des écosystèmes par cette espèce.

En conclusion, notre étude indique que l'utilisation de l'EPO pour le reboisement en Gaspésie semble présenter un risque élevé de naturalisation de l'espèce, et un risque moyen d'invasion des écosystèmes par cette espèce. En vertu du principe de précaution (Hoenicka et Fladung 2006), et étant donné qu'il existe un délai temporel de quelques décennies à quelques siècles entre la première introduction d'une espèce ligneuse exotique et le début d'un phénomène d'invasion (Kowarik 1995; Binggeli et autres 1998), notre étude suggère les recommandations suivantes, recommandations qui furent déjà envisagées dans le cadre de l'analyse de la situation de l'EPO en forêt publique gaspésienne (Langis et Côté 2006). Premièrement, un suivi cartographique des plantations d'EPO devrait être réalisé. Deuxièmement, l'EPO devrait être utilisée comme essence pour le reboisement uniquement dans des secteurs circonscrits et identifiés comme étant propices à une sylviculture intensive et situés loin des aires protégées. Ces secteurs devraient être définis et ciblés, afin de présenter des conditions de croissance optimales pour l'EPO. De plus, les secteurs propices à une sylviculture intensive devraient être établis à la suite d'une réflexion sur l'aménagement du territoire public gaspésien (ex. : triade). Troisièmement, l'établissement de plantations mélangées comprenant de l'EPO devrait être évité, afin de ne pas accroître inutilement la dispersion de l'EPO, et les espèces indigènes devraient être privilégiées dans les programmes de reboisement à grande échelle par souci de maintien de la biodiversité. Quatrièmement, lors de la récolte des secteurs où l'EPO est présente, une évaluation de la régénération préétablie devrait être effectuée et un effort de rétablissement des espèces indigènes devrait être consenti, si une régénération d'EPO est présente et si le secteur est peu favorable à une sylviculture intensive. Finalement, la production de plants d'EPO stériles (sans possibilités de production de graines viables) pourrait constituer une avenue intéressante qui permettrait de profiter des avantages socio-économiques procurés par les plantations d'EPO, tout en évitant les risques de naturalisation de l'EPO et d'invasion des écosystèmes par l'EPO (Haysom et Murphy 2003).

Références bibliographiques

Alden, J. 2006. Field survey of growth and colonization of nonnative trees on mainland Alaska. Portland (OR): Pacific Northwest Research Station, Forest Service, United States Department of Agriculture. 74 p.

[Anonyme]. 1990. Norway spruce: growth potential for Nova Scotia. Truro (NS): Nova Scotia Department of Lands and Forests. 8 p.

[Anonyme]. 1994. Le Point d'observation écologique. Québec (Qc): Ministère des Ressources naturelles. 116 p.

[Anonyme]. 1999. Consensus document on the biology of *Picea abies* (L.) Karst (Norway spruce). Paris (FR): Direction de l'Environnement, Organisation de Coopération et de Développement Économiques. 34 p.

[Anonyme]. 2004. Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes. Gatineau (Qc): Environnement Canada. 46 p.

[Anonyme]. 2006. Projet d'identification de semis de *Picea glauca* et *Picea abies* à partir de marqueur d'ADN (Rapport final). Québec (Qc): Chaire de recherche du Canada en génomique forestière et environnementale, Université Laval. 8 p.

Bellingham, P.J., Duncan, R.P., Lee, W.G., et R.P. Buxton. 2004. Seedling growth rate and survival do not predict invasiveness in naturalized woody plants in New Zealand. *Oikos* 106(2): 308-316.

Bergeron, J.-M. et J. Tardif. 1988. Winter browsing preferences of snowshoe hares for coniferous seedlings and its implication in large-scale reforestation programs. *Revue canadienne de la recherche forestière* 18(2): 280-282.

Binggeli, P., Hall, J.B., et J.R. Healey. 1998. An overview of invasive woody plants in the tropics. Bangor (UK): School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales. 83 p.

Binggeli, P. 1999. Invasive Woody Plants - World Species List [Internet]. [Lieu inconnu]: Binggeli, P; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://members.lycos.co.uk/WoodyPlantEcology/invasive/worldlist.htm>

Boucher, D., Lavallée, R., et Y. Mauffette. 2001. Biological performance of the white pine weevil in different host species and in two ecological regions of southern Quebec. *Revue canadienne de la recherche forestière* 31(11): 2026-2034.

Coder, K.D. 1998. Exotic trees in the United States: naturalized or escaped from cultivation. Athens (GA): School of Forest Resources, Cooperative Extension Service, University of Georgia. 2 p.

Côté J.-F., Daoust, G., Masse, S., et G. Prigent. 1999. Impact économique de l'amélioration génétique de l'épinette de Norvège. Québec (Qc): Centre de foresterie des Laurentides, Service canadien des forêts. 4 p.

Daehler, C.C., Denslow, J.S., Ansari, S., et H.-C. Kuo. 2004. A risk-assessment system for screening out invasive pest plants from Hawai'i and other Pacific Islands. *Conservation Biology* 18(2): 360-368.

Daehler, C.C. et Denslow, J.S. [Date inconnue]. A risk assessment system for screening out invasive pest plants from Hawai'i and other Pacific Islands: screening criteria [Internet]. Manoa (HI): Botany Department, University of Hawai'i; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : http://www.botany.hawaii.edu/faculty/daehler/Wra/screening_criteria.pdf

DAISIE European Invasive Alien Species Gateway. 2008. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE) [Internet]. [Lieu inconnu ; Éditeur inconnu]; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.europe-aliens.org/>. Projet financé par la Commission européenne sous le 6e programme-cadre.

Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. [Date inconnue]. The weed risk assessment system [Internet]. [Lieu inconnu]: Biosecurity

Australia, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry; [Mise à jour en juin 2008; Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.daff.gov.au/ba/reviews/weeds/system>. Système développé par Dr P. Pheloung.

Earle, C.J. et M.P. Frankis. 1999. *Picea abies* (Linnaeus) Karsten 1881 – The gymnosperm database [Internet]. [Lieu inconnu]: Earle, C.J. et M.P. Frankis; [Mise à jour en septembre 2006 ; Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.conifers.org/pi/pic/abies.htm>

Farrar, J.L. 1996. Les arbres du Canada. Markham (ON): Fides et Service canadien des forêts. 502 p.

Fédération canadienne de la faune. 2003. Ressources NATURE [Internet]. Kanata (ON): Fédération canadienne de la faune; [Citée en juillet 2008]. Disponible de: <http://28005.vws.magma.ca/>

Fewless, G. 2001-2006. Trees of Wisconsin [Internet]. Green bay (WI): Herbarium Cofrin Center for biodiversity, University of Wisconsin; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.uwgb.edu/biodiversity/herbarium/gymnosperms/picabi01.htm>

Frappier, B. et R.T. Eckert. 2003. Utilizing the USDA PLANTS database to predict exotic woody plant invasiveness in New Hampshire. *Forest Ecology and Management* 185(1): 207-215.

Gilman, E.F. et D.G. Watson. 1994. *Picea abies* - Norway spruce. Gainesville (FL): Environmental Horticulture Department, Agricultural Engineering Department, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 4p.

Gordon, D.R., Onderdonk, D.A., Fox, A.M., et R.K. Stocker. 2008. Consistent accuracy of the Australian weed risk assessment system across varied geographies. *Diversity and Distributions* 14(2): 234-242.

Groves, R.H., Hosking, J.R., Batianoff, G.N., Cooke, D.A., Cowie, I.D., Johnson, R.W., Keighery, G.J., Lepschi, B.J., Mitchell, A.A., Moerkerk, M.,

Randall, R.P., Rozefelds, A.C., Walsh, N.G., et B.M. Waterhouse. 2003. Weed categories for natural and agricultural ecosystem management. Canberra (Australie): Bureau of Rural Sciences, Department of Agriculture, Fisheries and Forestry; Department of the Environment and Heritage. 194 p.

Hall, M. 2000. IPlants: invasive plants and the nursery industry - How should we prevent exotic plants from becoming invasive pests? [Internet]. Providence (RI): Center of Environmental Studies, Brown University; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : http://www.brown.edu/Research/EnvStudies_Theses/full9900/mhall/IPlants/IPlants_Frames.html

Haysom, K.A. et S.T. Murphy. 2003. The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat: a global review and discussion paper. Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Rome (IT): Service de la mise en valeur des ressources forestières, Division de la gestion des forêts, Département des forêts, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 76p.

Hérault, B., Thoen, D., et O. Honnay. 2004. Assessing the potential of natural woody species regeneration for the conversion of Norway spruce plantations on alluvial soils. *Annals of Forest Science* 61(7): 711-719.

Hoenicke, H. et M. Fladung. 2006. Biosafety in *Populus spp.* and other forest trees: from non-native species to taxa derived from traditional breeding and genetic engineering. *Trees-Structure and Function* 20(2): 131-144.

Howell, C. 2008. Consolidated list of environmental weeds in New Zealand. Wellington (NZ): New Zealand Department of Conservation. 41p.

Kowarik, I. 1995. Time-lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. Dans : Pyšek P, Prach K, Rejmánek M, et Wade M, éditeurs. *Plant invasions: general aspects and special problems*. Amsterdam: SPB Academic Publishing. p.15-38.

Krivanek, M. et P. Pyšek. 2006. Predicting invasions by woody species in a temperate zone: a test of three risk assessment schemes in the Czech Republic (Central Europe). *Diversity and Distributions* 12(3): 319-327.

Krivanek, M., Pyšek, P., et V. Jarosik. 2006. Planting history and propagule pressure as predictors of invasion by woody species in a temperate region. *Conservation Biology* 20(5): 1487-1498.

Labrada, R. 2004. *Procedures for Weed Risk Assessment*. Rome (IT): Division de la production végétale et de la protection des plantes, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 21 p.

Langis, M.-H. et M. Côté. 2006. Analyse de la situation de l'épinette de Norvège en forêt publique gaspésienne. Gaspé (Qc): Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles. 43 p.

Ledgard, N.J. 2001. Management of introduced conifers, Beebys Ridge area, Mt Richmond Forest Park, Nelson. Wellington (NZ): New Zealand Department of Conservation. 11 p.

Mahon, D.J. 2007. Canterbury naturalised vascular plant checklist. Christchurch (NZ): New Zealand Department of Conservation. 68 p.

Mencuccini, M., Piussi, P., et A.Z. Sulli. 1995. 30 years of seed production in a sub-alpine Norway spruce forest - patterns of temporal and spatial variation. *Forest Ecology and Management* 76(1): 109-125.

Mottet, M.J. et G. Daoust. 2007. Pour du bois de qualité en plantation : l'épinette de Norvège demeure un bon choix! Québec (Qc): Direction de la recherche forestière, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 2p.

National Park Service, United States Department of the Interior. [Date inconnue]. Weeds gone wild: alien plant invaders of natural areas [Internet]. Washington (DC): Plant Conservation Alliance - Alien Plant Working Group, National Park Service, United States Department of the Interior;

[Mise à jour en juin 2005 ; Citée en juillet 2008]. Disponible de: <http://www.nps.gov/plants/alien/bkgd.htm>.

Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. 2008. The PLANTS Database, *Picea abies* (L.) Karst. Norway spruce [Internet]. Baton Rouge (LA) : National Plant Data Center, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://plants.usda.gov/>

Pheloung, P.C., Williams, P.A., et S.R. Halloy. 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *J Environmental Management* 57(4): 239-251.

Randall, R.P. 2007. Global Compendium of Weeds [Internet]. Puunene (HI): AgWest et Hawaiian Ecosystem at Risk Project (HEAR); [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.hear.org/gcw/>

Reichard, S.H. et C.W. Hamilton. 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. *Conservation Biology* 11(1): 193-203.

Rice, P.M. 1997-2008. INVADERS Database System [Internet]. Missoula (MT): Division of Biological Sciences, University of Montana; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://invader.dbs.umt.edu>

Rice, P.M. 1997-2008. Risk assessment for potentially noxious species in Idaho and Montana [Internet]. Missoula (MT): Division of Biological Sciences, University of Montana; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://invader.dbs.umt.edu/risk/index.asp>

Richardson, D.M. 1998. Forestry trees as invasive aliens. *Conservation Biology* 12(1): 18-26.

Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.J., Panetta, F.D., et C.J. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6(2): 93-107.

Richardson, D.M. et M. Rejmánek. 2004. Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework. *Diversity and Distributions* 10(5-6): 321-31.

Rouleau, R. 1990. *Petite flore forestière du Québec*. 2e éd. rev. et augm. Québec : Les Publications du Québec. 249 p.

Service canadien des forêts. [Date inconnue]. Biotechnology at the CFS: Key environmental and scientific considerations for environmental release of genetically engineered trees: exotic species [Internet]. [Lieu inconnu]: Service canadien des forêts; [Mise à jour en octobre 2007; Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://cfs.nrcan.gc.ca/subsite/biotechnology/questions/3>

Service canadien des forêts. 2007. Rusticité des plantes - Le site web de la rusticité des plantes au Canada – Plus qu’une question de zones - Effet prévu du changement climatique sur la superficie et la position de l’habitat climatique d’espèces de plantes de l’Amérique du Nord [Internet]. [Lieu inconnu]: Service canadien des forêts; [Mise en jour en août 2008 ; Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://planthardiness.gc.ca/>. McKenney, D.W. et autres.

Skrøppa, T. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Norway spruce (*Picea abies*). Rome (IT): International Plant Genetic Resources Institute. 6 p.

Sullivan, J. 1994. Fire Effects Information System, *Picea abies* [Internet]. Washington (DC) : Fire Sciences Laboratory, Rocky Mountain Research Station, Forest Service, United States Department of Agriculture; [Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/picabi/all.html>.

Swearingen, J. 2008. WeedUs: database of plants invading natural areas in the United states [Internet]. Washington (DC): Plant Conservation Alliance - Alien Plant Working Group, National Park Service, United States Department of the Interior; [Mise à jour en février 2008; Citée en juillet 2008]. Disponible de : <http://www.nps.gov/plants/alien/list/WeedUs.xls>

Taylor, R.J. 1993. *Picea*. Dans : Flora of North America Editorial Committee, éditeur. Volume 2: Pteridophytes and Gymnosperms, Flora of North America North of Mexico. New York and Oxford: Flora of North America Editorial Committee. p 370.

Thompson, M. 1999. Invasive trees species [Internet]. Hamilton (ON) : Réseau canadien pour la conservation de la flore, Royal Botanical Gardens; [Mise à jour en mai 1999; Citée en juillet 2008]. Disponible de : http://www.rbg.ca/cbcn/en/projects/invasives/i_tree1.html



Partenaire du savoir forestier



37, rue Chrétien, bureau 26, C. P. 5 Gaspé (Québec) G4X 1E1 **Tél.:** 418.368-5166 ou 1 866.361.5166 **Télec.:** 418.368.0511

mieuxconnaîtrelaforêt.ca

