



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada



Étude des menaces et des risques liés aux espèces exotiques envahissantes forestières

Emina Krčmar

**Ressources naturelles Canada • Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
Rapport d'information • BC-X-415**



**Étude des menaces et des risques liés aux
espèces exotiques envahissantes forestières**

Emina Krcmar

Institute for Resources, Environment and Sustainability
University of British Columbia Press, Vancouver (C.-B.)

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
Rapport d'information BC-X-415

2008

Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506, Burnside Road Ouest
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
Téléphone : 250-363-0600

scf.rncan.gc.ca/regions/cfp

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2008

ISBN 978-0-662-47885-0
Imprimé au Canada

Bibliothèque et Archives Canada en publication

Krcmar, Emina
Étude des menaces et des risques liés aux espèces exotiques envahissantes
forestières [ressource électronique] / Emina Krcmar.

(Rapport d'information; BC-X-415)

Publ. aussi en anglais sous le titre: An examination of the threats and risks to forests arising from invasive alien species.

Monographie électronique en format PDF.

Comprend des réf. bibliogr.

ISBN 978-1-100-97701-0

Cat. no.: Fo143-2/415F-PDF

1. Arbres--Maladies et fléaux--Canada.
 2. Animaux et plantes nuisibles non indigènes, Lutte contre les--Canada.
 3. Espèces introduites, Lutte contre les -- Canada.
 4. Invasions biologiques--Canada--Prévention.
 5. Foresterie durable --Canada.
 6. Politique forestière--Canada.
- I. Centre de foresterie du Pacifique II. Title. III. Series: Rapport d'information (Centre de foresterie du Pacifique : En ligne) ; BC-X-415

SB764 C3 K7214 2011

634.9'60971

C2011-980102-7

Résumé

L'introduction d'organismes exotiques dans de nouveaux habitats constitue l'un des plus importants dangers, à l'échelle mondiale, en matière de biodiversité des écosystèmes, et pose une sérieuse menace aux économies des quatre coins de la planète. Le Canada, en raison de ses vastes forêts et de son riche secteur forestier, est grandement vulnérable aux invasions d'espèces exotiques nouvelles ou déjà établies.

Les répercussions, sur les forêts et le secteur forestier, des invasions d'espèces exotiques et les coûts inhérents peuvent se diviser en trois catégories : les répercussions environnementales, les pertes de bois dues à la réduction de la croissance et au taux de mortalité des arbres, et les coûts de gestion et d'éradication. La seule prévision existante, concernant les répercussions économiques potentielles sur le secteur forestier du Canada, présente une somme annuelle qui varie de 7,7 milliards à 20,1 milliards de dollars canadiens (Colautti et collab., 2006). Cette prévision de coûts, fondée sur l'historique d'autres secteurs en matière de dommages causés par des espèces exotiques, varie grandement en fonction du taux de perte utilisé; cependant, l'ordre de grandeur des coûts prévus, dans le secteur forestier du Canada, correspond aux prévisions du coût total des répercussions de l'intrusion d'espèces exotiques dans le secteur forestier des États-Unis, de l'Allemagne et de la Nouvelle-Zélande.

Les répercussions de l'invasion d'espèces exotiques sont principalement locales et nationales, mais les causes de leur introduction et de leur dispersion sont régionales et internationales, et principalement favorisées par le commerce, le transport et le voyage. Parmi les voies d'introduction des espèces exotiques qui posent un danger pour les forêts, on compte le bois d'emballage, le commerce de produits de pépinière, ainsi que le commerce et le transport de produits du bois.

Un examen des solutions de gestion a révélé que la prévention des introductions constitue le moyen de défense le plus efficace et économique contre les espèces exotiques. En plus du coût élevé des traitements d'éradication et de contrôle en foresterie, de nombreuses mesures de contrôle font l'objet de controverse au sein de la population. La prévention des introductions devrait comporter l'analyse du risque pour chacune des importations d'espèces exotiques ou de marchandises proposées.

Une analyse des cadres institutionnels et des systèmes de réglementation actuels du Canada, des États-Unis, de l'Union européenne, de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande est en cours, puisque les États-Unis et l'Union européenne sont les plus importants partenaires commerciaux du Canada, et que l'Australie et la Nouvelle-Zélande sont des chefs de file mondiaux en matière de prévention et de contrôle des invasions d'espèces exotiques. À l'échelle mondiale, les politiques et les plans d'action nationaux reposent sur des conventions internationales, mais varient en raison des coûts associés à la prévention des introductions d'espèces exotiques et des inquiétudes relatives à la perturbation potentielle du commerce. Aux États-Unis, des outils de cartographie des régions propices aux introductions et à la dispersion facilitent la prévention et le contrôle des introductions de ravageurs et d'agents pathogènes dans les forêts. L'Australie et la Nouvelle-Zélande ont toutes deux établi des agences de biosécurité qui fournissent des analyses de risque et des politiques fondées sur la science afin de protéger leurs écosystèmes et leurs économies respectives contre les introductions d'espèces exotiques. En Australie et en Nouvelle-Zélande, les importateurs, le secteur forestier et les gouvernements nationaux et des États se partagent les coûts liés à l'inspection frontalière.

Dans de nombreux pays, dont le Canada, les mesures actuelles de traitement des invasions d'organismes exotiques s'avèrent efficaces dans certains cas, mais ne réussissent pas à régler le problème dans son ensemble. On propose plusieurs mesures afin d'augmenter la

protection du secteur et des écosystèmes forestiers du Canada contre les dommages éventuels causés par ces espèces :

- (1) une application rigoureuse des règlements existants;
- (2) l'affectation de fonds à la recherche, à l'application et à la sensibilisation du public;
- (3) une affectation rentable des ressources limitées à des options de gestion différentes;
- (4) la collaboration et le partage de renseignements entre les différents secteurs ainsi qu'entre les organismes gouvernementaux et non gouvernementaux;
- (5) l'utilisation de modèles existants et l'adaptation de protocoles d'évaluation du risque;
- (6) une analyse du risque fondée sur la « liste blanche » et la « liste noire » des espèces;
- (7) l'élaboration de programmes d'éducation et de sensibilisation visant à mieux informer la population canadienne du problème relatif aux invasions d'espèces exotiques.

Executive summary

Invasions by alien organisms into new habitats pose one of the most significant global threats to ecosystem biodiversity and serious threats to economies around the globe. Canada, with its vast forests and developed forest sector, is very vulnerable to invasions of newly introduced and already established alien species.

The impacts from and costs of invasive species to forests and the forest sector can be broadly divided into three categories: environmental impacts, timber losses due to reduced tree growth and increased tree mortality, and management and eradication costs. The only existing projection of potential economic impacts to Canadian forest sector gives a range of CAD\$7.7 billion to CAD\$20.1 billion annually. This cost projection, based on damage histories of alien invaders in sectors other than forestry, is highly variable to the loss rate used; however, the order of magnitude of the projected cost to Canadian forest sector is consistent with the aggregate cost estimates of the impact of invasive alien species to forestry in the U.S., Germany and New Zealand.

Whereas impacts of invasive alien species are primarily local and national, the causes of their introduction and spread are regional and international, and are driven primarily by trade, transport and travel. Major pathways of introductions of alien species that pose risks to forests include wood packaging, trade in nursery stocks, as well as the trade and transport of wood products.

An examination of management options reveals that prevention of introductions is the first and most cost-effective line of defense against invasive alien species. In addition to the high cost of eradication and control treatments in forestry, the application of many control measures is controversial from the public perspective. Prevention of introductions should involve risk analysis for each proposed import of an alien species or commodity.

An analysis of institutional frameworks and existing regulatory systems in Canada, the U.S., the European Union, Australia and New Zealand is undertaken, because the U.S. and European Union are Canada's major trading partners, and Australia and New Zealand are world leaders in the prevention and control of alien invaders. National policies and action plans worldwide are based on international agreements, but they vary because of the costs involved with the prevention of introductions of invasive alien species, and concerns regarding potential disruptions of trade. In the U.S., tools for mapping the potential areas of introduction and spread are used to support prevention and control of forest pest and pathogen introductions. Both Australia and New Zealand have established specific biosecurity agencies to provide science-based risk analyses and policies to protect the countries' ecosystems and economies from invasive alien species. The costs of border inspection in Australia and New Zealand are shared between importers, the forest sector, and federal and state governments.

Although current efforts in many countries, including Canada, for dealing with invasive alien organisms are effective in particular cases, they are not successful in controlling the general problem. Several measures are recommended to improve protection of Canada's forest ecosystems and forest sector from future damage caused by these species:

- (1) stringent enforcement of existing regulations;
- (2) securing funds for research, enforcement and public education;
- (3) providing cost-effective allocation of scarce resources to alternative management options;


-
- 
- (4) collaboration and information sharing across different sectors and between government and non-government agencies;
 - (5) using existing models and adapting risk assessment protocols;
 - (6) risk analysis initiated for species from the “white list” vs. “black list,” and;
 - (7) developing education and outreach programs to raise awareness of Canadians about the problem of invasive alien species.

Table des matières

Préface	ix
1. Introduction : contexte, définitions et portée	1
Définitions	1
Invasions d'espèces exotiques	2
Prédire les envahissements potentiels	4
Mécanismes	5
CAS 1.1 La spongieuse	5
CAS 1.2 La maladie hollandaise de l'orme	5
CAS 1.3 Le genêt à balais	6
CAS 1.4 Hybridation des populations de peupliers noirs au Royaume-Uni	6
CAS 1.5 Le cerisier tardif	7
2. Impact des espèces exotiques envahissantes	8
Impact écologique	8
CAS 2.1 Éradication du châtaignier d'Amérique	9
CAS 2.2 Impact combiné du cerf de Virginie non indigène et des défoliateurs indigènes sur les forêts du Québec	9
CAS 2.3 Le chancre du noyer cendré	10
Impact économique	10
Exemples d'évaluations d'impact économique	12
CAS 2.4 Projection de l'impact économique aux É.-U. de l'importation de grumes en provenance de l'Union soviétique	12
CAS 2.5 Projections de répercussions économiques sur la foresterie au Canada	13
CAS 2.6 Impacts économiques constatés et projections d'impact de la présence d'espèces exotiques envahissantes sur la foresterie et sur les collectivités en Allemagne	14
CAS 2.7 Impact économique constaté et projections d'impact d'espèces exotiques envahissantes sur la foresterie en Nouvelle-Zélande	15
3. Introduction et établissement des espèces exotiques envahissantes	17
Voies d'introduction des espèces exotiques	17
Commerce, transport et voyages	17
Principales voies forestières	18
CAS 3.1 Introduction d'espèces exotiques sur le territoire canadien par l'intermédiaire de matériaux d'emballage en bois massif	18
Commerce international	19
Commerce canadien	19
Établissement d'espèces exotiques	21
CAS 3.2 Établissement de coléoptères xylophages en Colombie-Britannique	21
4. Stratégies de gestion	22
Interceptor pour prévenir les introductions	24
Analyse de risque	25
Activités de gestion lors de la phase d'introduction	26
CAS 4.1 Embargos sur l'importation de produits forestiers en provenance d'Amérique du Nord	27
Activités de gestion lors de la phase de détection précoce	27
CAS 4.2 Détection précoce du longicorne brun de l'épinette en Nouvelle-Écosse	27
CAS 4.3 ExFor, base de données relative aux espèces exotiques nuisibles aux ressources forestières	28

5. Politiques et institutions	30
Organisations et accords internationaux	30
Organisations et accords nord-américains	31
Institutions et politiques nationales	31
Canada	31
États-Unis	32
CAS 5.1 Outils destinés à prédire la répartition géographique des espèces exotiques envahissantes aux États-Unis	34
Union européenne	34
Australie et Nouvelle-Zélande	36
6. Mesures recommandées dans la lutte contre les espèces exotiques envahissantes	40
Besoins en matière de recherche et d'application de la réglementation	40
Prévention et contrôle : le juste équilibre coût-efficacité	41
Collaboration et partage de l'information	41
Utilisation des modèles et protocoles d'évaluation du risque existants	42
Mesures fondées sur les listes d'espèces : liste blanche ou liste noire?	43
Sensibilisation du public	43
Bibliographie	44

Liste des figures

Figure 4.1 Synthèse des éléments constitutifs d'une stratégie de gestion en fonction des différentes phases d'invasions d'espèces exotiques (d'après Wittenberg et Cock, 2001).	23
Figure 5.1 Potentiel d'introduction (a) et d'établissement (b) aux É.-U. du sirex européen du pin (Source : USDA FS, 2006c)	35

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Phases d'une invasion par une espèce exotique	4
Tableau 3.1 Quote-part dans le commerce mondial en 2004	19
Tableau 3.2 Quote-part dans le commerce canadien en 2004	20
Tableau 3.3 Quote-part dans le commerce canadien de produits forestiers en 2004	21
Tableau 4.1 Phases d'une invasion et éléments stratégiques de gestion correspondant	22

Préface

L'objectif du présent rapport est de dresser un bilan des problèmes posés à la foresterie et aux écosystèmes forestiers du fait de la présence d'espèces exotiques envahissantes. Les renseignements amassés et présentés appuient l'élaboration d'une politique interdisciplinaire intégrée visant à traiter la question des espèces exotiques envahissantes dans le cadre d'une gestion durable des forêts. Grâce à une analyse globale des espèces exotiques envahissantes et à l'utilisation de cas spécifiques, ce rapport s'attache à :

- examiner les menaces et les risques posés au secteur forestier et aux écosystèmes forestiers canadiens par les espèces exotiques envahissantes;
- comprendre les conséquences écologiques et économiques de la présence d'espèces exotiques envahissantes sur le secteur forestier et les écosystèmes forestiers de la planète, et plus particulièrement du Canada;
- analyser les voies d'introduction de ces espèces et leur corrélation avec les échanges commerciaux;
- étudier différentes options de gestion en vue de prévenir les incursions et de détecter rapidement toute nouvelle incursion d'espèces exotiques;
- exposer les cadres institutionnels et les systèmes réglementaires existants; relever les difficultés potentielles au regard du traitement de la question des espèces exotiques envahissantes forestières;
- trouver des solutions et recommandations envisageables pour traiter la question des espèces exotiques envahissantes à l'échelle des forêts canadiennes.

L'objet premier de cette étude était de rechercher de l'information ayant trait aux espèces exotiques envahissantes qui affectent la foresterie et les écosystèmes forestiers sur le plan économique et sur le plan écologique. Une recherche documentaire poussée a été menée sur les différents aspects d'espèces exotiques nuisibles aux forêts, ainsi que sur les espèces exotiques en général : raisons de leur caractère envahissant, conséquences écologiques et économiques des espèces exotiques envahissantes sur les forêts et sur le secteur forestier, efforts réglementaires relatifs aux espèces exotiques envahissantes. Une part importante du présent rapport provient de sources canadiennes ayant traité la question des espèces exotiques envahissantes, notamment des publications du Service canadien des forêts, de l'Agence canadienne d'inspection des aliments et de publications évaluées par les pairs. Des chercheurs travaillant pour des laboratoires gouvernementaux, des organismes de réglementation ou des universités ont fourni, à titre personnel, des renseignements particulièrement précieux.

Après un bref aperçu des différents modes d'introduction des espèces exotiques envahissantes, délibérées comme accidentelles, qui représentent une menace considérable pour le secteur forestier et les écosystèmes forestiers de l'ensemble de la planète, le rapport s'attachera à couvrir tous les aspects de la question des espèces exotiques envahissantes dans nos forêts, de la définition d'une terminologie adéquate à des recommandations visant la modification de certaines politiques. Le rapport aborde les deux premières phases d'une invasion d'espèces exotiques, à savoir l'introduction et l'établissement, ainsi que des options de gestion correspondantes. Il examine ensuite la corrélation entre l'augmentation du taux d'introduction d'espèces exotiques et l'augmentation en volume des échanges commerciaux. Le rapport souligne les principales composantes institutionnelles de régulation des espèces envahissantes au niveau régional, au niveau mondial et à l'échelle de plusieurs pays, notamment du Canada. La conclusion du document propose toute une série de recommandations destinées à minimiser les menaces et les

risques existants et potentiels que représentent pour nos forêts les espèces exotiques envahissantes.

Chaque chapitre est accompagné d'études de cas spécifiques, généralement tirées d'exemples canadiens. Le deuxième chapitre présente une synthèse des conclusions de plusieurs études d'impact nationales, dont une étude canadienne. Les 18 cas examinés servent plusieurs objectifs : ils attirent l'attention sur des problèmes spécifiques affectant les forêts et le secteur forestier du Canada et d'autres pays du fait de l'introduction d'organismes exotiques nuisibles; ces études de cas présentent également des exemples détaillés et proposent des sources d'information supplémentaires. Chaque cas étudié peut être envisagé, soit en tant qu'élément autonome, soit dans le contexte du chapitre dans lequel il s'inscrit; certains cas transcendent les thèmes abordés dans les différents chapitres.

Le dernier chapitre ne comporte pas d'étude de cas, étant donné qu'il propose un cadre en vue de l'élaboration de nouvelles politiques, des questions ouvertes et des recommandations.

Je tiens à remercier Bill Wilson, qui est à l'origine de cette étude, ainsi que Ressources naturelles Canada (Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria, Colombie-Britannique) pour son soutien financier. Mes remerciements vont également à Kees van Kooten, Brian Peter et Laura Lapp pour leurs précieux commentaires sur ce rapport.

Ce rapport ne constituant qu'une évaluation parmi d'autres des menaces et des risques que représentent pour les forêts les espèces exotiques envahissantes, il n'engage que le seul point de vue de son auteur.

Emina Krcmar
Vancouver, le 19 mars 2008

1. Introduction : contexte, définitions et portée

Depuis longtemps déjà, la communauté scientifique demande que les invasions d'espèces exotiques soient reconnues comme l'un des principaux problèmes écologiques actuels (Berenbaum, 2001; Niemela et Mattson, 1996; Liebhold et collab., 1995). Après la disparition des habitats naturels, cette question est considérée comme la deuxième principale menace à la diversité biologique (Wilcove et collab., 1998). Près de 20 % des espèces de vertébrés terrestres les plus vulnérables sont actuellement menacées par des espèces exotiques envahissantes (MacDonald et collab., 1989). Sur le plan économique et social, les conséquences des invasions d'espèces exotiques envahissantes sont également considérables. En dépit de la prise en considération par les gouvernements de nombreux pays de la menace émanant des espèces exotiques envahissantes, les réponses proposées se sont toujours révélées inappropriées.

Le développement des voyages et des échanges mondiaux a eu pour effet d'accroître les mouvements d'espèces de leurs habitats naturels vers de nouveaux espaces (Mack et collab., 2000). Au cours des 500 dernières années, et encore davantage au cours des 200 dernières, l'incidence des invasions de nouveaux territoires par des espèces non indigènes n'a cessé de s'accroître (di Castri, 1989). Depuis le XIXe siècle, au moins 4 500 espèces végétales, animales et pathogènes non indigènes se sont établies aux É.-U.; 15 % de ces espèces sont considérées comme nuisibles (OTA, 1993). Les invasions d'organismes non indigènes sont parfois bien plus graves. Ainsi, en Nouvelle-Zélande, 47 % des espèces végétales ne sont pas indigènes (Heywood, 1989).

Le Canada s'est également trouvé envahi par des espèces non indigènes. Parmi celles-ci, on trouve des espèces indigènes à certaines régions du Canada qui se sont déplacées, ainsi que des espèces indigènes à d'autres pays. Au Canada, on estime qu'environ 5 % des espèces de mammifères et 27 % des espèces de plantes vasculaires ne sont pas indigènes; on ne connaît pas les chiffres associés aux autres types d'espèces non indigènes au Canada (Service canadien de la faune, 2003).

Le nombre d'introductions détectées d'organismes exotiques dans de nouveaux habitats est toutefois en hausse. En Nouvelle-Zélande, trois introductions d'espèces non indigènes avaient été constatées en 1990; plus de 30 ont été détectées en 2003 (Kriticos et collab., 2005). Cette hausse des chiffres de la détection est très probablement liée à la fois au développement en volume des voyages et des échanges commerciaux, à la diversification des partenariats commerciaux et à l'amélioration des techniques de surveillance et de diagnostic.

Définitions

Il n'existe pas de terminologie uniforme sur cette question. Les ouvrages scientifiques utilisent différents termes pour désigner « une espèce dont l'implantation dépasse son aire potentielle de dispersion naturelle » (OTA, 1993), notamment, « exotique », « allogène », « étrangère », « migrante », « néophyte » (dans le cas de plantes), « introduite », « non indigène » et « non autochtone ». Un autre terme largement répandu, celui d'« invasion biologique », ou son diminutif « bio-invasion », désigne l'expansion d'une espèce au-delà de son aire géographique d'origine (Liebhold et collab., 1995).

Un organisme exotique devient envahissant à partir du moment où il est en mesure de se reproduire et d'étendre l'aire de son milieu naturel dans un nouvel environnement, avec comme conséquence l'augmentation de sa population et l'expansion de l'aire géographique de son habitat. Étant donné qu'elles nuisent souvent aux économies, aux écosystèmes et aux sociétés, les espèces envahissantes sont également définies comme des « espèces exotiques dont l'introduction

est ou pourrait être nuisible à l'économie, à l'environnement ou à la santé humaine » (Clinton, 1999).

Nous utiliserons, dans ce rapport, le terme « exotique » pour désigner de façon générique les espèces migrantes, qu'il s'agisse d'organismes introduits avec des conséquences positives ou négatives, tandis que nous emploierons le terme « envahissante » pour caractériser les espèces potentiellement nuisibles à l'économie, aux écosystèmes et à la société. Les organismes exotiques envahissants qui causent le plus de dommages sont généralement les insectes ou les pathogènes introduits de façon accidentelle, quoique l'introduction de mauvaises herbes et de plantes ligneuses puisse également être destructrice, étant donné qu'elles entrent en concurrence avec la végétation forestière indigène sur le plan de l'appropriation de l'espace, des nutriments, de la lumière et de l'eau.

Les manipulations génétiques modernes présentent des risques supplémentaires pour l'environnement - un paramètre reconnu par le nouvel accord international sur le sujet, le protocole de Carthage sur la biodiversité (CBD, 2000) adopté dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique. Bien qu'elle soit essentielle, la question des menaces et des risques potentiels posés par les organismes génétiquement modifiés n'entre pas dans le champ d'étude de ce rapport.

La notion collective de « biosécurité » renvoie aux mesures visant à prévenir l'introduction d'espèces exotiques envahissantes et à en maîtriser la propagation. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture définit ainsi le terme « biosécurité » :

[la biosécurité] comporte trois secteurs, à savoir la sécurité sanitaire des aliments, la vie et la santé des végétaux et la vie et la santé des animaux. Ces secteurs englobent la production alimentaire, dans ses rapports avec la sécurité sanitaire des aliments, l'introduction de ravageurs des végétaux et des animaux, de maladies animales et de zoonoses, l'introduction et la mise en circulation d'organismes génétiquement modifiés (OGM) et leurs produits, ainsi que l'introduction et la gestion en toute sûreté de géotypes et de nouvelles espèces envahissantes. La biosécurité a un rapport direct avec la sécurité sanitaire des aliments, la conservation de l'environnement (y compris la diversité biologique) et la durabilité de l'agriculture.

Source : FAO, 2001

La biosécurité vise à repérer, à prévenir et à réparer les dommages causés à des secteurs spécifiques dans un cadre géographique clairement défini. Si la plupart des agences nationales chargées de la biosécurité ont été initialement fondées afin de protéger certains secteurs propres à chaque pays, elles ont également développé des réglementations visant à faire face à des risques devenus planétaires. Ces mesures ont été prises soit pour satisfaire à des engagements pris dans le cadre d'accords internationaux, soit pour tirer profit de débouchés commerciaux.

Invasions d'espèces exotiques

Les invasions de nouveaux habitats par des espèces exotiques peuvent avoir des répercussions majeures sur le plan écologique comme sur le plan socioéconomique. Les explications sont multiples sur la question de savoir pourquoi les organismes exotiques, comparés aux espèces indigènes, peuvent être si destructeurs et pourquoi ce caractère destructeur semble aujourd'hui s'accroître.

Les caractéristiques biologiques des espèces exotiques expliquent en grande partie leur caractère destructeur. Au moment de leur introduction dans de nouveaux habitats, les espèces exotiques bénéficient d'un milieu écologique parfois totalement exempt de tout ennemi naturel (cas 1.5). De plus, dans le cas des insectes et pathogènes forestiers exotiques, les espèces végétales indigènes hôtes n'ont pas développé de mécanismes de défense afin de résister à ces nouveaux venus.

Une autre série de facteurs contribue à expliquer le caractère envahissant des espèces exotiques : les conditions environnementales. Les écosystèmes altérés du fait de changements au niveau de l'affectation des terres ou par de nouvelles pratiques de gestion sont davantage exposés au risque de se voir envahis par des espèces exotiques (Mooney et Hobbs, 2000) que les écosystèmes non altérés. Les stress environnementaux associés aux perturbations naturelles telles que l'arrivée d'une espèce envahissante (cas 2.2) et aux dérèglements provoqués par l'homme tels que les moissons ou le changement climatique peuvent rendre les forêts plus vulnérables aux ravageurs indigènes et exotiques. Toutefois, les invasions de systèmes non sujets à des perturbations sont également relativement courantes.

Les écosystèmes dotés d'une diversité biologique restreinte sont généralement très vulnérables aux invasions d'organismes exotiques. Les insectes et les maladies exotiques et indigènes causent des dégâts bien plus importants aux monocultures qu'aux plantations diversifiées (Cock, 2003; Wittenberg et Cock, 2001)

Les caractéristiques de l'arbre-hôte, à savoir s'il est ou non indigène d'une forêt naturelle ou d'une plantation, sous un climat tempéré ou tropical, peuvent par ailleurs influencer sur le caractère plus ou moins envahissant des espèces exotiques forestières (Cock, 2003; Britton et Sun, 2002; E.A. Allen et R.W. Duncan, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria, C.-B., communication personnelle). Ainsi qu'il a été constaté dans des plantations commerciales aux quatre coins du monde, les arbres non indigènes se sont avérés moins résistants aux attaques de ravageurs et aux pathogènes forestiers indigènes que les arbres indigènes, mettant dès lors en péril les investissements consentis au regard de ces plantations. Ainsi, le longicorne asiatique, un coléoptère xylophage originaire de Chine, affecte-t-il en Chine les plantations non indigènes (Britton et Sun, 2002). Par le passé, ce coléoptère était considéré comme un ravageur secondaire en Chine, s'attaquant aux érables, aux peupliers, aux saules et aux érables négundo. Dans le cadre des programmes de reforestation à grande échelle mis en œuvre en Chine au début des années 1980, de nombreux arbres d'espèces non indigènes, notamment des peupliers originaires d'Europe et d'Amérique du Nord, ont été plantés. Ces plantations ont été particulièrement touchées par les attaques de longicornes asiatiques qui se comportent sur ces plantations comme un insecte exotique envahissant.

La progression du statut de migrant au statut d'envahisseur comprend souvent une phase de latence. Au fil du temps, la population d'une espèce peut croître jusqu'à ce qu'elle atteigne les limites de son nouveau territoire et voir la croissance de sa population ralentir (Mack et collab., 2000; Hobbs, 2000). Ce scénario simplifié peut se décliner de multiples façons. Certaines invasions ne connaissent qu'une très courte, voire aucune phase de latence. En revanche, plusieurs décennies sont nécessaires à de nombreuses espèces exotiques pour devenir abondantes et se disséminer. Durant la phase de latence, il est parfois difficile de prédire si une espèce deviendra ou non envahissante (Cousens et Mortimer, 1995).

Williamson (1996) distingue cinq phases dans une invasion biologique. Pour les besoins de cette étude, nous avons adopté une classification différente de l'invasion biologique, qui comporte quatre phases principales (voir tableau 1.1). Cette classification a été utilisée récemment pour des rapports traitant d'invasions biologiques des forêts au niveau international

(Cock, 2003; Wittenberg et Cock, 2001), ainsi que dans le cadre de la stratégie américaine relative aux espèces exotiques (USDA FS, 2004).

Tableau 1.1 Phases d'une invasion par une espèce exotique

Phase	Définition
I	Introduction ou entrée dans une nouvelle région ou un nouveau pays
II	Établissement caractérisé par au moins un cycle reproductif
III	Intégration ou naturalisation au sein du nouvel environnement
IV	Propagation caractérisée par une population et une distribution géographique

Prédire les envahissements potentiels

Du point de vue de l'écologie, l'introduction d'une nouvelle espèce peut avoir des répercussions dévastatrices sur les écosystèmes forestiers et modifier les équilibres socioéconomiques des collectivités tributaires de la forêt comme du secteur forestier. Quelques-uns des principaux objectifs scientifiques, économiques et pratiques consistent à identifier les espèces forestières potentiellement envahissantes et à prédire les sites probables de leur introduction, ainsi que leur aire de distribution.

Les prédictions au regard du potentiel destructeur d'une espèce exotique donnée potentiellement introduite s'avèrent particulièrement hasardeuses. De nombreuses espèces se révèlent dévastatrices en dehors de leur aire d'origine, où elles sont considérées comme des ravageurs secondaires. Ainsi, parmi les six espèces de ravageurs forestiers les plus dévastatrices en Amérique du Nord, seule la souche européenne de la spongieuse était considérée comme envahissante dans son milieu indigène (OTA, 1993).

Nombre d'écologistes ont tenté de définir des indicateurs prévisionnels du potentiel d'envahissement et de nuisance des espèces, afin de dresser des listes des caractéristiques communes aux espèces envahissantes; pourtant, à ce jour, cette liste n'est exploitable qu'au regard d'un petit groupe d'espèces. Afin de prédire le potentiel d'envahissement d'une espèce exotique, plusieurs facteurs doivent être pris en considération (Williamson, 1996) :

- L'un des indicateurs prévisionnels les plus fiables pour une espèce donnée a trait à ses éventuels antécédents problématiques, à savoir si cette espèce a déjà été signalée comme ayant été introduite quelque part avec des conséquences problématiques, en particulier dans des conditions environnementales similaires;
- Pour évaluer un risque potentiel d'envahissement, il est essentiel de pouvoir accéder à des renseignements fiables;
- La similarité des climats et l'abondance d'habitats naturels peuvent également contribuer à prédire le potentiel d'envahissement d'une espèce; nombre d'espèces sont toutefois connues pour s'accoutumer parfaitement à de nouveaux habitats lorsqu'elles sont sorties de leur aire d'origine;
- Les caractéristiques d'une espèce considérée dans son aire d'origine ne constituent pas des critères très précis de leur potentiel d'envahissement; ces caractéristiques peuvent néanmoins être utiles pour déterminer le taux et la vitesse de propagation d'une espèce à la suite de son établissement sur un nouveau territoire.

Mécanismes

De nombreux organismes exotiques sont introduits délibérément pour des motifs économiques. C'est le cas des espèces végétales cultivées, des plantes d'ornement, du gibier et du bétail. Toutefois, l'introduction de certaines espèces exotiques peut avoir des conséquences environnementales graves et parfois irréversibles sur les écosystèmes naturels.

Les espèces exotiques envahissantes forestières peuvent être à l'origine du déclin de populations d'espèces forestières indigènes à la suite de défoliations de nombreuses espèces d'arbres (cas 1.1).

CAS 1.1 La spongieuse

La spongieuse (*Lymantria dispar*), un insecte phyllophage d'origine eurasienne qui affectionne principalement les feuillus, avait été introduite délibérément d'Europe en Amérique du Nord en 1869 pour la production de la soie. Une fois échappée, cette espèce est devenue un ravageur de premier plan dans toute l'Amérique du Nord, où il représente par ailleurs une sérieuse menace pour les arbres urbains et les plantes d'ornement. Si la spongieuse est particulièrement friande de tous les types de chênes, elle peut également s'attaquer à de nombreuses autres espèces de feuillus. En 1981, au plus fort de son infestation en Amérique du Nord, la spongieuse a défeuillé plus de 6 millions d'hectares de forêts aux États-Unis. En 1991, la spongieuse a défeuillé 347 415 hectares de forêts de feuillus en Ontario. En 1992, elle était établie sur la totalité du territoire de l'Ontario. Les 100 années qui se sont écoulées entre l'introduction de la spongieuse en Amérique du Nord et la date de la première défoliation témoignent de la difficulté de prédire les agissements de ce ravageur. Alors qu'il est établi depuis à peine 20 ans au Canada, la spongieuse est devenue l'un des ravageurs, indigènes et non-indigènes confondus, les plus répandus dans les forêts canadiennes.

Source : Krcmar-Nozic et collab., 2000b; Nealis et Erb, 1993

En modifiant la structure ou la composition d'un habitat, les espèces exotiques envahissantes en arrivent parfois à le rendre inadéquat pour les espèces indigènes. La graphiose de l'orme (cas 1.2) et le chancre du châtaignier (cas 2.1), deux organismes exotiques envahissants, ont complètement modifié la composition des collectivités forestières de l'est du continent nord-américain.

CAS 1.2 La maladie hollandaise de l'orme

La maladie hollandaise de l'orme (*Ceratocystis ulmi*), causée par le champignon *Ophiostoma ulmi*, a été introduite d'Europe aux États-Unis en 1930. Son vecteur, le scolyte de l'orme, a rapidement propagé la maladie dans tout le pays. Bien que la plupart des ormes américains soient morts depuis de nombreuses années, les traces de la maladie hollandaise de l'orme sont toujours visibles dans les forêts de l'est des États-Unis. Sur les 70 millions que comptait la population, environ 46 millions d'ormes ont péri depuis l'introduction de cette maladie.

La maladie hollandaise de l'orme a été introduite au Canada en 1945. En une année, elle a décimé 600 000 ormes au Québec et 80 % des ormes de Toronto.

À la fin des années 1960, une autre forme de la maladie hollandaise de l'orme s'est propagée dans le sud de l'Angleterre, causée par une autre espèce de champignon probablement véhiculée par des importations de bois du Canada. Sur une population de 23 millions, 17 millions d'ormes ont ainsi été décimés dans les années 1980.

La maladie hollandaise de l'orme a entraîné l'éradication des ormes de nombreux territoires en Amérique du Nord et en Angleterre.

Source : Krcmar-Nozic et collab., 2000a; Hubbes, 1999; Wallner, 1996

Parmi les espèces exotiques envahissantes, on compte non seulement des insectes et des maladies, mais aussi des plantes. En ce qui concerne les forêts, les plantes envahissantes, ou mauvaises herbes, peuvent compliquer la préparation des sites en vue d'y planter des arbres et peuvent contribuer à freiner la pousse des arbres du fait de la compétition pour les nutriments (cas 1.3). Les plantes envahissantes peuvent en outre affecter les activités forestières telles que l'éclaircie ou l'entretien des routes, voire accroître les risques d'incendie. Non contentes d'affecter les systèmes forestiers, de nombreuses espèces de mauvaises herbes affectent par ailleurs d'autres écosystèmes en déplaçant la végétation indigène et la faune afférente, réduisant dès lors la biodiversité des habitats.

CAS 1.3 Le genêt à balais

Le genêt à balais (*Cytisus scoparius*) est une espèce indigène du sud de l'Europe et du nord de l'Afrique. Importée en Amérique du Nord comme plante d'ornement, cette espèce s'est largement répandue dans toute la région du nord-ouest du Pacifique, envahissant les forêts indigènes, les pâturages, les espaces verts et le bord des routes, avant de se propager vers l'intérieur des terres de la Colombie-Britannique. Plusieurs attributs du genêt à balais contribuent à son potentiel envahissant et destructeur des espèces végétales indigènes : production importante de graines, vitesse de pousse verticale, adaptabilité à une grande variété de niches écologiques, absence d'ennemis naturels.

Selon des études néo-zélandaises et australiennes, le genêt à balais inhiberait les plants de pin de Monterrey. Une étude menée par les chercheurs du Service canadien des forêts indique par ailleurs que le genêt concurrence et entrave la croissance du Douglas taxifolié, un arbre indigène de haute futaie de grande valeur de Colombie-Britannique. Le ralentissement de la croissance des jeunes Douglas taxifoliés peut entraîner la prolongation de la révolution et l'augmentation des frais d'exploitation forestière, avec des répercussions potentiellement importantes sur le plan économique.

Source : Prasad, 2000

Outre les insectes, pathogènes et mauvaises herbes exotiques, les forêts sont menacées par des arbres non indigènes, potentiellement envahissants et nuisibles aux espèces indigènes. L'introduction de génotypes d'arbres non indigènes dans des régions peuplées de génotypes indigènes d'espèces similaires peut causer des problèmes spécifiques, notamment des problèmes liés à l'hybridation et au croisement de souches indigènes et non indigènes (cas 1.4).

CAS 1.4 Hybridation des populations de peupliers noirs au Royaume-Uni

Autrefois emblématique des vallées fluviales des basses terres britanniques, le peuplier noir est aujourd'hui une espèce d'arbre indigène menacée en Grande-Bretagne. Alors qu'en 1982, la population de peupliers noirs était estimée entre 2 000 et 3 000 arbres en Grande-Bretagne, elle est aujourd'hui réduite à sa portion congrue dans les zones de basse terre britannique. Plusieurs facteurs ont certes contribué au déclin de cette espèce sur ses terres d'origine, mais l'hybridation semble considérée comme le premier d'entre eux. Depuis le début du XVIII^e siècle, plusieurs espèces de peupliers, dont certaines capables de pollinisation croisée avec les peupliers noirs indigènes, ont été introduites en Grande-Bretagne, entraînant la création de variétés hybrides. L'exploitation de peupliers cultivés en Europe continentale a par ailleurs engendré une menace potentielle d'introgression génétique (transfert par hybridation des gènes d'espèces plantées dans le patrimoine

génétique d'espèces naturelles) pour les dernières populations de peupliers noirs de ces régions.

Source : Raybould et Gray, 1993; Cock, 2003

Certaines espèces indigènes d'arbres sont sérieusement concurrencées par des arbres non indigènes considérés comme envahissants à cause de leur prédominance dans leurs aires d'introduction (cas 1.5).

CAS 1.5 Le cerisier tardif

Originaire d'Amérique du Nord, le cerisier tardif (*Prunus serotina*) a d'abord été introduit en Europe centrale comme arbre d'ornement, avant d'être exploité pour son bois et ses qualités de brise-vent. Depuis le milieu des années 1980, cette espèce est considérée comme hautement envahissante en Allemagne, aux Pays-Bas et en Belgique où elle menace la diversité végétale, ainsi que la croissance naturelle des espèces indigènes d'arbres forestiers.

Selon une étude récente, certains pathogènes présents dans les sols américains inhibent la croissance des cerisiers tardifs. En l'absence de ces agents pathogènes, le cerisier tardif a pu prospérer librement, et ainsi envahir l'Europe. Cet exemple renforce l'hypothèse selon laquelle les espèces exotiques s'acclimateraient bien aux habitats non naturels du fait de l'absence de pathogènes et de concurrents.

Source : Reinhart et collab., 2003

2. Impact des espèces exotiques envahissantes

En dépit des graves conséquences constatées et potentielles liées aux invasions d'espèces exotiques, il n'existe aucune méthodologie normalisée pour quantifier ces impacts. La prise en compte des impacts économiques, écologiques et sociaux est indispensable pour référencer de façon objective l'importance d'une espèce exotique envahissante. Les décideurs et les gestionnaires peuvent, quant à eux, utiliser les études d'impact pour analyser et classer les principaux risques posés par les espèces exotiques envahissantes. Ces études peuvent également contribuer à faciliter l'allocation des rares ressources financières et humaines disponibles pour la recherche et l'application des règlements relatifs aux espèces exotiques.

Les espèces exotiques envahissantes peuvent non seulement affecter les forêts, les secteurs forestiers et les collectivités forestières au niveau local, mais leur influence peut également avoir des répercussions à l'échelle de plusieurs régions, voire de plusieurs pays. La présence d'espèces exotiques envahissantes peut avoir des conséquences à la fois à court et à long terme.

Les coûts liés à la prévention de l'entrée et de la propagation des espèces exotiques, à leur détection et leur éradication rapide, ainsi qu'à l'évaluation opportune et fiable des risques comptent parmi les principaux impacts économiques à court terme associés à ces invasions.

À court comme à plus long terme, les pertes de bois causées par des espèces exotiques peuvent avoir un impact économique considérable. Longtemps après leur arrivée, les espèces exotiques continuent d'avoir une influence substantielle sur les équilibres économiques et sociaux.

Lorsque les infestations perdurent, les effets sur le plan social, notamment en matière de chômage, peuvent se faire durement ressentir. Une infestation peut avoir d'autres effets négatifs sur une collectivité affectée, tels que la perte de valeur des propriétés et la baisse des recettes issues du tourisme et des loisirs.

L'impact écologique des espèces exotiques envahissantes se mesure le plus souvent à long terme et en fonction de plusieurs échelles spatiales. Les dommages à long terme causés aux écosystèmes dépendent de la promptitude et du degré de récupération des systèmes affectés. L'impact écologique de ces espèces peut être très profond sur les écosystèmes (composition, résilience et processus).

Impact écologique

Mauvaises herbes, insectes et agents pathogènes sont des éléments habituels des écosystèmes forestiers sains. Cependant, quand leurs populations augmentent lors d'une infestation ou que leur croissance demeure élevée sur une période prolongée, ces espèces peuvent devenir destructrices, entraîner le décroissement des forêts et précipiter la modification des ressources alimentaires et des habitats pour la faune ou modifier l'hydrologie, les régimes d'incendie de forêt et le cycle des nutriments. Les invasions biologiques sont par ailleurs susceptibles de modifier les relations et l'abondance des espèces indigènes d'un écosystème donné. Certains cas extrêmes ont vu l'élimination d'espèces indigènes (Mack et collab., 2000). Ainsi, la brûlure du châtaignier (cas 2.1) a pratiquement éradiqué la totalité des châtaigniers d'Amérique des forêts nord-américaines, et la maladie hollandaise de l'orme (cas 1.2) a localement causé la disparition de nombre de peuplements d'ormes.

CAS 2.1 Éradication du châtaignier d'Amérique

L'un des bouleversements écologiques les plus importants à avoir affecté les forêts du nord-est du continent américain, à savoir la brûlure du châtaignier, a été provoqué par l'introduction, puis la propagation d'un agent pathogène, nommé *Cryphonectria parasitica*. Quelques décennies après sa découverte à New York en 1904, cette maladie avait éliminé le châtaignier d'Amérique (*Castanea dentata*) sur environ 81 millions d'hectares, avec pour conséquence la modification de la structure et de la composition des forêts de feuillus du Maine à la Géorgie. Mis à part l'effondrement des populations d'écureuils et l'extinction de plusieurs espèces de lépidoptères, on ne connaît pas toutes les conséquences sur les espèces animales de la disparition de ces châtaigniers et de la modification des écosystèmes forestiers qui en a découlé. En revanche, vu l'abondance de nourriture et d'habitat dans les arbres morts, les pics ont vu leurs populations augmenter.

Source : Orwig, 2002; Ostry 2001; Liebhold, et collab.1995

Les espèces exotiques peuvent avoir une influence directe ou indirecte. L'impact direct de ces espèces peut se manifester de différentes façons : défoliation, croissance réduite des arbres, mortalité, modification de l'accès à l'eau, aux nutriments et à la lumière, déplacement, diminution ou élimination d'espèces indigènes, perturbation des relations entre les insectes ou la faune et les associations végétales.

Les espèces exotiques envahissantes peuvent affecter de façon indirecte les écosystèmes locaux, ainsi que les rivières et ruisseaux qui y circulent, en modifiant notamment l'hydrologie d'une zone, le taux d'érosion, la composition chimique des sols, la fréquence des feux de friches, ainsi que des processus écologiques naturels tels que la succession des communautés végétales ou les relations entre la faune et la flore.

Pour Parker et collab. (1999), différents niveaux écosystémiques doivent être pris en compte pour mesurer au mieux l'impact écologique des espèces exotiques envahissantes :

- impact individuel sur les éléments d'un écosystème (notamment, les taux démographiques tels que mortalité et croissance);
- impact génétique (notamment l'hybridation);
- impact sur les dynamiques de population au sein de l'écosystème (abondance et croissance des populations);
- impact sur les communautés écologiques (richesse des espèces, diversité et structure trophique);
- impact sur les processus écosystémiques (disponibilité des nutriments et productivité primaire).

Particulièrement destructrices, les vagues synchronisées ou successives de différents organismes envahissants peuvent entraîner un accroissement de la mortalité des arbres (cas 2.2).

CAS 2.2 Impact combiné du cerf de Virginie non indigène et des défoliateurs indigènes sur les forêts du Québec

Depuis son introduction sur l'île d'Anticosti, au Québec, dans les années 1980, le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) nuit aux plantes fourragères. Une étude a été menée en vue de différencier les conséquences du broutage des cervidés des effets de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) et de l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fiscellaria*) sur les espèces de conifères. La plupart des gaules de sapin baumier présentaient des signes de broutage, et l'action cumulée de la défoliation par les insectes et

du broutage par les cervidés était évidente. Cela a entraîné une forte mortalité des gaules de sapin baumier dans les années 1980 et au début des années 1990.

Ces effets combinés sur le sapin devraient entraîner la modification de la composition de la forêt, autrefois dominée par le sapin baumier et qui devrait à l'avenir l'être par l'épinette blanche.

Source : Chouinard et Filion, 2005

Les espèces exotiques envahissantes peuvent contribuer à menacer ou raréfier d'autres espèces, ainsi qu'à aggraver le risque d'extinction d'une espèce menacée. Wilcove et collab. (1998) estiment qu'aux États-Unis, environ 42 % des espèces en voie de disparition, et en particulier 57 % des espèces végétales en voie de disparition, sont sous la menace d'espèces exotiques envahissantes.

CAS 2.3 Le chancre du noyer cendré

L'hôte préféré du chancre du noyer cendré, maladie causée par le champignon *Sirococcus clavignenti-juglandacearum*, est précisément le noyer cendré (*Juglans cinerea*), même si d'autres variétés de noyers sont susceptibles d'être affectées par cette maladie. Si c'est dans le Wisconsin, en 1967, qu'il a été caractérisé pour la première fois, ce chancre semble avoir été introduit bien longtemps avant sur le continent nord-américain. Aucun remède n'a encore été trouvé pour contrôler cette maladie. Dans certaines régions des États-Unis, 90 % des noyers cendrés de certains peuplements ont été éradiqués, sont mourants ou sont infectés.

Au Canada, c'est dans le sud de l'Ontario, puis au Québec qu'ont été identifiés les premiers arbres malades, puis plus récemment (en 1997), au Nouveau-Brunswick.

Indigènes d'Amérique du Nord, les populations de noyers cendrés du continent entier ont décliné de façon spectaculaire au cours du siècle dernier du fait du chancre du noyer cendré. Le noyer cendré figure désormais sur la liste dressée par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC), car l'espèce est gravement menacée d'extinction.

Source : Harrison et collab., 1998; Harrison et Hurley, 2001

Impact économique

Les invasions d'espèces exotiques peuvent faire payer un lourd tribut à l'économie. La maîtrise de ne serait-ce qu'un seul organisme envahissant peut coûter plusieurs millions de dollars. Ainsi, en 2005, le programme Forest Pest Management (gestion des ravageurs forestiers) du Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources a dépensé 400 000 \$ US en financement étatique et fédéral pour supprimer le puceron lanigère de la pruche, ainsi que 250 000 \$ US supplémentaires en programmes de surveillance et de détection des ravageurs des forêts de l'État (Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources, 2005). On n'a rapporté aucun résultat à la suite de ce programme de gestion. Les quelque 30 millions de dollars canadiens de pertes économiques au débit du Manitoba seulement du fait de la maladie hollandaise de l'orme donnent une idée de l'ampleur du défi auquel le Canada fait face en ce qui concerne les espèces exotiques envahissantes (RNT Consulting inc., 2002).

Bien que certains exemples avancent des chiffres locaux ou régionaux au regard du coût de la lutte contre les espèces exotiques envahissantes, il n'existe aucune donnée globale chiffrée à l'échelle du pays. Il est probable que les coûts combinés consécutifs aux invasions d'espèces exotiques sont considérables et ont des répercussions en matière de politique environnementale et de gestion des ressources. Plusieurs facteurs contribuent à expliquer le manque de données

nationales sur l'impact des invasions biologiques et les difficultés à estimer le coût économique cumulé afférent à l'établissement de plusieurs espèces envahissantes forestières :

- L'obtention des données indispensables est coûteuse et prend du temps. Les coûts associés aux études sur l'évaluation des importations de bois brutes aux É.-U. vont de 28 000 \$ US pour une étude de 1992 sur le bois néo-zélandais à 500 000 \$ US pour une étude de 1991 sur les importations de bois de Sibérie (Wallner, 2004).
- L'estimation des pertes économiques, généralement menée individuellement pour une seule espèce envahissante, intègre de nombreuses hypothèses, de multiples causes de pertes de bois, différentes approches économiques et méthodes de surveillance et d'évaluation des dommages. Les différences de méthodologie et d'approche limitent les possibilités d'effectuer des comparaisons et des extrapolations entre espèces, voire entre plusieurs années pour une même espèce.
- Les pertes de bois sont imputables à la mortalité et aux retards de croissance des arbres. Compte tenu de l'extrême diversité des retards de croissance selon l'intensité des dommages, les conditions météorologiques, l'état de chaque site, l'âge et la santé de l'arbre, il est impossible d'établir une comparaison stricte des pertes de bois entre les zones affectées par les principaux défoliateurs. La mortalité des arbres due à la défoliation est conditionnée non seulement par plusieurs années de défoliation, mais également par le type de l'espèce envahissante, l'arbre-hôte, la qualité du site et les perturbations environnementales affectant la région.
- De plus, les conséquences d'attaques menées simultanément par plusieurs espèces envahissantes se recoupent parfois, entraînant la surévaluation des pertes totales de bois et des répercussions économiques calculées par l'addition des pertes causées par chaque espèce. À l'opposé, les attaques simultanées de plusieurs espèces envahissantes pouvant affaiblir les arbres et augmenter de façon importante leurs retards de croissance et leur mortalité, les pertes sont parfois sous-estimées (USDA FS, 1991).

Afin d'obtenir une estimation objective des conséquences économiques d'une invasion d'espèces exotiques, il est indispensable que tous les coûts soient pris en considération. Si les ravageurs exotiques forestiers envahissants endommagent les forêts naturelles, commerciales et urbaines, les deux principales catégories d'impacts économiques consignées concernent les pertes au niveau de la production de bois d'œuvre, ainsi que les coûts liés à la lutte contre les invasions, notamment par la mise en œuvre de toutes sortes de mesures de mise en quarantaine, de contrôle, d'éradication et de remplacement des arbres. En règle générale, les évaluations d'impact économique renvoient à l'une ou l'autre de ces catégories; lorsqu'on s'en tient à elles, ces données tendent à sous-estimer le coût économique total d'une invasion biologique. Les espèces exotiques envahissantes peuvent avoir un impact économique sur des ressources et services à valeur marchande ou non marchande. Ici encore, ces impacts peuvent être directs ou indirects (Colautti et collab., 2006; Krmar-Nozic et collab., 2000a).

Les pertes économiques au regard de ressources ou services à valeur marchande comprennent les conséquences directes des invasions d'espèces exotiques, les pertes de bois dues à la mortalité ou aux retards de croissance des arbres et les pertes de revenus issus du commerce, des loisirs et du tourisme consécutives aux infestations de ravageurs. Les pertes de valeur en matière de propriété ou d'esthétique comptent parmi les pertes économiques à caractère marchand causées indirectement par les espèces envahissantes.

L'impact des invasions d'espèces exotiques sur les ressources et services à valeur non marchande inclut les pertes d'habitat pour la faune et les poissons, la modification de l'apport et de la qualité de l'eau, ainsi que la réduction de la biodiversité des écosystèmes forestiers (Gottschalk, 1990).

Ces invasions peuvent également engendrer directement des dépenses en matière de réglementation et de contrôle, notamment :

- coûts afférents aux recherches et à l'évaluation des risques liés aux espèces exotiques potentiellement nuisibles;
- coûts liés à la surveillance, à l'éradication et à la suppression des infestations suite à l'établissement d'un ravageur;
- coûts liés au remplacement des arbres morts ou endommagés.

Exemples d'évaluations d'impact économique

Cette section présente des estimations de coûts de l'impact sur la foresterie des espèces exotiques envahissantes aux États-Unis, au Canada, en Allemagne et en Nouvelle-Zélande. Différentes techniques et hypothèses en vue de l'estimation de ces coûts ont été utilisées pour chaque pays : pour certaines études, les principes d'analyses ont été consignés; les conclusions d'autres études proviennent parfois de sources secondaires et les hypothèses sont absentes. En dépit du souhait croissant des décideurs, du public, des médias et même de la communauté scientifique d'agir à partir d'estimations cumulatives de pertes économiques, il serait peu judicieux de vouloir comparer directement les résultats ou additionner les chiffres présentés ci-après. Aucune des études d'impact ici présentées n'intègre de données liées aux coûts indirects, bien que la nécessité d'une telle évaluation soit aujourd'hui reconnue (Perrings et collab., 2002).

Le commerce international de bois brut est considéré comme l'un des principaux vecteurs d'introduction d'espèces exotiques potentiellement menaçantes pour les écosystèmes forestiers des pays importateurs. Plusieurs études ont démontré l'importance des répercussions potentielles de ces espèces aux États-Unis (cas 2.4; USDA For. Serv., 1991, 1998).

CAS 2.4 Projections de l'impact économique aux É.-U. de l'importation de grumes en provenance de l'Union soviétique

Cette étude d'évaluation des risques associés aux importations de grumes de mélèze en provenance de Sibérie a permis d'examiner les conséquences financières potentielles de ces importations sur les forêts d'intérêt commercial de l'ouest des États-Unis. Ces répercussions ont été estimées au moyen d'une analyse des coûts-bénéfices et de modèles de marché propres au secteur forestier. Le ralentissement de la croissance des forêts, l'accélération des cycles d'exploitation et la mortalité des arbres constituent quelques-uns des principaux facteurs de pertes potentielles causées par cinq groupes d'insectes et d'agents pathogènes : les nématodes, le chancre du mélèze, la maladie du rond, les défoliateurs et le typographe. Les coûts liés aux pertes de bois ont été estimés comme suit : de 35 050 à 58 410 millions de dollars US du fait d'insectes défoliateurs, de 33,35 à 1 670 millions de dollars US du fait de nématodes, de 201 à 1 500 millions de dollars US du fait du typographe, de 84,2 millions à 343,9 millions de dollars US du fait de la maladie du rond, et de 24,9 millions à 240,6 millions de dollars US du fait du chancre du mélèze. Toutes les estimations concernent la période allant de 1990 à 2004, avec un taux d'actualisation de 4 %.

Ni les coûts additionnels directs associés au contrôle d'espèces exotiques potentiellement envahissantes, ni les répercussions indirectes telles que la diminution des

revenus des loisirs et du tourisme, ni les pertes liées à la baisse de la réputation nationale ou internationale ou des valeurs esthétiques ou des propriétés n'ont été pris en compte dans le cadre de cette étude.

Source : USDA FS, 1991; Krcmar-Nozic et collab., 2000a

Afin de quantifier les effets au Canada des espèces exotiques envahissantes, Colautti et collab. (2006) ont mis en évidence une série de répercussions économiques dans différents secteurs (cas 2.5) :

CAS 2.5 Projections de répercussions économiques sur la foresterie au Canada

En l'absence de données globales relatives à l'impact économique des espèces exotiques envahissantes sur le secteur et les écosystèmes forestiers, un modèle empirique a été élaboré en vue d'estimer le coût de ces invasions.

Des projections de l'impact économique potentiel de certains organismes exotiques sur le secteur forestier canadien ont été avancées. Diverses conséquences de l'invasion d'organismes exotiques ont été considérées pour les sept espèces exotiques suivantes : le longicorne asiatique, le puceron lanigère du sapin, le longicorne brun de l'épinette, la maladie hollandaise de l'orme, la spongieuse, le chancre scléroderrien et la rouille vésiculeuse du pin blanc. Ont notamment été projetées les conséquences de ces infestations sur les ventes de bois d'œuvre, d'arbres de Noël, d'érable et de pâte à papier à destination des marchés intérieurs et de l'exportation.

Compte tenu de la valeur élevée de l'industrie forestière au Canada, le coût économique annuel de ces invasions sur la foresterie du pays a été estimé dans une fourchette allant de 7,7 milliards à 20,1 milliards de dollars canadiens. L'amplification des échanges commerciaux mondiaux devrait augmenter les possibilités d'introduction de nouvelles espèces exotiques envahissantes et accroître corrélativement les dommages causés aux écosystèmes forestiers et à l'industrie forestière.

En 2004, l'Agence canadienne d'inspection des aliments a classé 94 espèces exotiques dans la catégorie des ravageurs agricoles ou forestiers en vue de leur réglementation sur le territoire canadien; le coût annuel de ces espèces réglementées pour l'économie du Canada a été estimé à 7,5 milliards de dollars canadiens. Ce chiffre ne comprend ni le coût écologique des atteintes aux écosystèmes du fait des espèces exotiques réglementées, ni les coûts liés aux espèces exotiques non réglementées.

Source : Colautti et collab., 2006; ministère de l'Environnement de C.-B., 2004

La principale difficulté de ces estimations d'impact sur le secteur forestier du Canada réside dans le fait que les projections de coûts s'appuient sur l'historique des dommages causés par des espèces exotiques envahissantes dans des secteurs autres que la foresterie. De plus, les estimations sont grandement dépendantes des coefficients de perte utilisés. D'autre part, les projections de coûts soulignent la gravité de l'impact économique que peut avoir la diminution de la production de ressources naturelles.

Les études d'évaluation d'impact nationales élaborées pour l'Allemagne et pour la Nouvelle-Zélande mettent en avant des cadres d'évaluation à même d'aboutir à des estimations d'impact plus fiables (cas 2.6 et 2.7).

CAS 2.6 Impact économique constaté et projections d'impact de la présence d'espèces exotiques envahissantes sur la foresterie et sur les collectivités en Allemagne

Les coûts annuels pour la foresterie et les collectivités d'Allemagne imputables aux espèces exotiques envahissantes sont exprimés en dollars courants de l'époque à laquelle l'étude a été menée. Ces coûts se subdivisent en trois catégories : dommages directs à l'économie, dommage écologique ayant nécessité la protection d'espèces ou écosystèmes menacés d'extinction, coût des mesures de contrôle.

Impact sur les forêts d'intérêt commercial et sur les aires de conservation

Les principales répercussions sur les forêts allemandes sont attribuables à des arbres exotiques envahissants. Depuis le milieu du XIXe siècle, environ 110 espèces d'arbres non indigènes ont été introduites en Allemagne à des fins commerciales. Plusieurs de ces espèces, telles que le cerisier tardif (cas 1.5), ont perturbé les écosystèmes forestiers et l'industrie forestière avec des conséquences négatives sur les plans économique et écologique.

En 2003, la zone infestée par le cerisier tardif couvrait en Allemagne environ 228 km², dont 88 % en zone d'exploitation forestière commerciale et 11 % dans des aires de conservation. Environ 10 000 km² de terres ont été considérées comme un habitat propice au développement du cerisier tardif; ce chiffre a été utilisé pour les projections de coûts correspondant au pire des scénarios.

Le cerisier tardif contribue à accroître les coûts de gestion des ressources forestières en prolongeant l'entretien régulier des forêts. Avec l'état actuel de l'infestation de cerisier tardif en Allemagne, les coûts additionnels de gestion forestière ont été estimés à 1,4 M€, alors que, selon le pire des scénarios d'infestation, le coût annuel de la gestion forestière atteindrait 70 M€.

Dans les aires de conservation, des mesures d'éradication ont été mises en œuvre, pour un coût annuel de 3,4 M€, tandis que selon les projections, 149 M€ seraient nécessaires pour couvrir le coût de l'éradication au sein des aires de conservation potentiellement infestées. Pour ce qui est des forêts commerciales déjà infestées, le coût du contrôle s'élèverait annuellement à 20,1 M€; à l'échelle de l'Allemagne, les projections de coûts pour la prise en charge des zones potentiellement infestées des forêts commerciales tablent sur un chiffre qui pourrait dépasser 1 milliard d'euros chaque année.

Autre option envisagée : l'absence de contrôle. Outre l'altération esthétique des forêts, les pertes causées à l'industrie au regard des zones de colonisation du cerisier tardif se traduiraient par une baisse des recettes générées par l'exploitation du sapin. Selon l'étude, cette option de gestion pourrait entraîner des pertes annuelles pouvant atteindre 1,2 milliard d'euros.

Cette analyse n'a cependant pas pris en considération les profits potentiels issus de l'exploitation des cerisiers tardifs.

Impact sur les forêts urbaines

En Allemagne, la plupart des dommages causés aux forêts urbaines sont imputables à deux espèces exotiques : la mineuse du marronnier (*Cameraria ohridella*) et la maladie hollandaise de l'orme.

Originaire d'Amérique du Nord, la mineuse du marronnier a été signalée pour la première fois en Allemagne en 1993. L'hôte principal de cet insecte envahissant est le marronnier. Si cette infestation de mineuse du marronnier ne semble associée à aucune mortalité spécifique, les qualités esthétiques des marronniers s'en trouvent néanmoins affectées et les arbres infestés sont davantage exposés aux attaques d'autres organismes parasites. Des agents chimiques et biologiques ont été employés pour contenir les infestations, et la litière de feuilles mortes est brûlée à l'automne afin de minimiser les infestations l'année suivante. Si le marronnier (commun) ne joue aucun rôle particulier dans la foresterie, il est l'une des espèces les plus répandues dans les villes d'Allemagne, avec une population totale estimée à 1 400 345 arbres dans tout le pays. Uniquement dans les cinq villes étudiées, l'infestation de mineuse du marronnier a entraîné une hausse annuelle

de 450 000 € des coûts liés à l'élimination des feuilles mortes des marronniers, pour atteindre un total annuel de 8 M€ à l'échelle de l'Allemagne.

Les tentatives en vue de maîtriser les infestations de mineuse du marronnier se sont limitées à quelques grandes villes et à petite échelle. Des programmes de fertilisation ayant été recommandés comme mesure prophylactique contre les infestations, les municipalités dépensent chaque année à cet effet 7,66 € par arbre. Si elle était étendue à la totalité des marronniers d'Allemagne, cette mesure coûterait annuellement environ 11,2 M€. En Allemagne, le coût total annuel de l'élimination des feuilles mortes et de la fertilisation s'élève approximativement à 19,2 M€.

Si les marronniers des rues et parcs des villes venaient à mourir, le coût de leur remplacement s'élèverait approximativement à 10,7 milliards d'euros, estimation basée sur une population totale de 1,4 million d'arbres en Allemagne et une valeur estimée à 7 700 € pour un arbre urbain âgé de 30 ans. Compte tenu de ce que le marronnier commun n'est pas une espèce indigène en Allemagne, aucune conséquence évidente de la présence de ce ravageur ne semble s'imposer sur le plan écologique.

Indigène d'Asie orientale, la maladie hollandaise de l'orme est arrivée en Europe au début du XX^e siècle. L'incidence de cette maladie a décliné au cours des années 1960, mais une souche plus virulente a été introduite avec des produits ligneux en provenance du Canada. Sur une population urbaine totale d'environ 16 000 arbres en Allemagne, ce sont 412 arbres chaque année qui meurent et doivent être supprimés dans le cadre d'une politique de confinement de la maladie. Si la suppression et le remplacement d'un arbre coûtent 4 200 €, la valeur d'un arbre établi dans une zone urbaine est estimée à 7 700 €. Le coût de l'élimination des arbres malades et de la plantation de nouveaux spécimens atteint 1,7 M€ par an. La perte de valeur totale en arbres établis serait équivalente à 3,2 M€ par an.

Conséquence directe des infestations de ces deux espèces exotiques envahissantes, les collectivités allemandes perdent chaque année 24,2 M€.

Source : Reinhardt et collab., 2003

CAS 2.7 Impact économique constaté et projections d'impact d'espèces exotiques envahissantes sur la foresterie en Nouvelle-Zélande

Composante majeure de l'économie nationale, l'industrie forestière néo-zélandaise repose sur des plantations forestières particulièrement productives. En 2003, les plantations forestières couvraient 1,83 million d'hectares, dont 89 % consacrés à des plantations de pins de Monterrey. Les espèces exotiques envahissantes constituent une menace non négligeable pour les forêts de Nouvelle-Zélande, en particulier pour les plantations forestières.

Impact économique des insectes et des agents pathogènes

Turner et collab. (2004) ont estimé le coût économique des insectes et des maladies exotiques envahissantes pour la foresterie commerciale et les forêts urbaines en Nouvelle-Zélande. Ils ont obtenu ces chiffres en additionnant les coûts associés aux programmes d'éradication et de contrôle destinés à minimiser le ralentissement de la croissance des forêts, à la perte de valeur du fait de la baisse des rendements, aux dépenses des ménages en vue de contrôler les organismes exotiques envahissants, et au remplacement des arbres malades des forêts urbaines. Les estimations de pertes annuelles escomptées pour la foresterie et les collectivités du fait d'invasions d'insectes et pathogènes exotiques entre les années 2000 et 2040 sont exprimées en dollars néo-zélandais de 2000. D'après les estimations, les pertes nettes actuelles en matière de foresterie et de forêts urbaines se chiffrent entre 3,75 et 20,273 milliards de dollars néo-zélandais selon le taux d'actualisation utilisé (respectivement, 12 % et 6 %). Avec un taux d'actualisation de 10 %, les pertes s'élèvent à 6,228 milliards de dollars néo-zélandais. L'impact économique des espèces exotiques envahissantes sur les forêts naturelles n'a pas été pris en compte dans ces estimations.

Impact économique des mauvaises herbes

L'ajonc d'Europe (*Ulex europaeus*) et le genêt à balais (*Cytisus scoparius*) sont les deux espèces de mauvaises herbes considérées comme les plus nuisibles en Nouvelle-Zélande.

Concernant la gestion des mauvaises herbes en Nouvelle-Zélande, les données de coûts les plus précises ont été fournies par l'industrie forestière de plantation. C'est pendant la préparation des sites, ainsi qu'au cours des premières années suivant la plantation que doivent être assumés les coûts associés au déblaiement de l'ajonc d'Europe, la principale mauvaise herbe pour les plantations. Dans les années 1980, ces coûts se sont élevés à 13,1 millions de dollars néo-zélandais. Pour l'industrie forestière, le coût annuel du désherbage dans le cadre de la préparation des sites à la suite d'une récolte et pendant les deux années suivant la plantation est de l'ordre de 6 millions de dollars néo-zélandais, sans compter le coût du désherbage initial des terres pour la préparation du site. Ces coûts sont considérables. Ainsi, en 1999, le principal exploitant forestier du pays a dépensé 8 millions de dollars néo-zélandais en désherbage, toutes méthodes confondues.

Le genêt à balais a aujourd'hui infesté une vaste étendue de terres. Cette infestation est considérée comme problématique sur 1 % du territoire néo-zélandais. On ne dispose pas de données illustrant l'impact direct du genêt à balais sur la foresterie; on sait toutefois que 17 grands exploitants forestiers commerciaux, gérant alors 1,6 million d'hectares de forêt, ont déboursé en 1999 1,3 million de dollars néo-zélandais en vue de contrôler l'infestation de genêt. La présence de genêt a un impact sérieux sur les volumes produits sur les 8 000 hectares de plantations forestières situées dans la partie orientale, particulièrement sèche, de l'Île du Sud. Pour une perte de production semblable à celle causée par l'ajonc d'Europe - soit 2 %, la perte de production annuelle nette (déduction faite des coûts de récolte et des frais de port) du fait du genêt se chiffre à 600 000 \$ NZ. Ces estimations montrent que, même lorsque deux espèces de mauvaises herbes telles que l'ajonc d'Europe et le genêt à balais sont à peine différentes au niveau de l'écologie et des régimes de contrôle qui leur sont appliqués, les coûts qu'ils engendrent s'additionnent pour l'industrie forestière.

Le genêt à balais est également très répandu sur les terres protégées. Compte tenu des coûts extrêmement élevés induits par la lutte contre cette mauvaise herbe, seuls quelques sites de très grande valeur sont contrôlés. En 1999, le ministère de la Conservation de Nouvelle-Zélande ainsi que plusieurs autres organismes d'État ont dépensé respectivement 500 000 et 700 000 \$ NZ pour lutter contre les infestations de genêt sur les terres sous leur responsabilité.

Source : Turner et collab., 2004; Williams et Timmins, 2002

3. Introduction et établissement des espèces exotiques envahissantes

Ce chapitre porte sur l'introduction et l'établissement des espèces exotiques envahissantes dans de nouveaux habitats; ce sont ces deux phases qui permettent de faire la distinction entre les espèces exotiques d'une part, les pathogènes et ravageurs forestiers indigènes d'autre part.

Voies d'introduction des espèces exotiques

Les espèces exotiques peuvent être introduites de trois façons différentes : de façon délibérée, de façon accidentelle ou de façon naturelle. Nombre d'espèces végétales ont été introduites de façon délibérée, soit par importation, soit par contrebande. En revanche, la plupart des introductions d'insectes et d'agents pathogènes - souvent par le truchement d'autres espèces végétales ou animales - sont le fruit de circonstances accidentelles. Une espèce peut également être introduite naturellement par le vent, l'eau ou des débris; il est néanmoins extrêmement rare que des organismes exotiques envahissants soient introduits de cette façon. Les introductions délibérées et accidentelles d'espèces exotiques envahissantes peuvent et doivent être évitées; il n'existe, en revanche, aucun moyen d'empêcher les entrées d'espèces exotiques empruntant des voies naturelles.

Commerce, transport et voyages

Les introductions délibérées et accidentelles d'organismes exotiques sont liées à des activités légales en matière de commerce, de transport ou de voyage (Starfinger et collab., 2003). Lorsque des personnes partent s'installer sur de nouvelles terres, il arrive que, dans le souci de rendre leur nouvel environnement plus familier, elles emportent avec elles quelques plantes représentatives de leur pays d'origine. Si elles deviennent envahissantes, ces plantes peuvent constituer une menace pour la biodiversité de leur nouvel environnement. Elles peuvent en outre être des vecteurs idéaux pour des insectes ou des maladies qui peuvent à leur tour engendrer des dommages économiques ou environnementaux dans la zone, la région ou le pays dans lequel ils ont été introduits.

Le commerce des produits de pépinière est une voie d'introduction accidentelle majeure d'espèces exotiques. Les importations de bonsaïs miniatures en provenance d'Asie, principalement du Japon et de la Chine, ont contribué à l'introduction de nombre d'espèces exotiques envahissantes en Europe et en Amérique du Nord. En 1973, trois espèces de pucerons japonais ont été introduites en Grande-Bretagne par le truchement de bonsaïs importés. La probabilité d'établissement et de dispersion de ces espèces était d'autant plus forte que des végétaux potentiellement hôtes servant de plantes d'ornement existaient en abondance en Grande-Bretagne (Prior, 1974). Une espèce nommée *Rhizoecus hibisci* a été trouvée en Italie sur les racines de bonsaïs importés du Japon (EPPO, 2005). En 2004, un spécimen de capricorne asiatique des agrumes (*Anoplophora chinensis*) a été découvert dans une pépinière d'Athens, en Géorgie (É.-U.), sur un myrte bonsaï importé de Chine. Si le longicorne du mûrier est proche du longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*), il peut constituer une plus grande menace en Floride, étant donné qu'il s'attaque à de nombreuses espèces de feuillus, notamment aux citrus, au pacanier, au pommier, à l'araucaria de Norfolk et à nombre d'autres espèces (Thomas, 2004).

Les bonsaïs ne sont cependant pas les seuls végétaux associés à l'introduction de ravageurs et maladies indésirables. Ainsi, en 2003, la maladie de l'encre du chêne rouge (*Phytophthora ramorum*) a été diagnostiquée dans une pépinière de Californie : plusieurs rhododendrons et camélias de cette pépinière avaient été importés par des jardinerie des basses terres continentales de Colombie-Britannique (cas 4.2).

Principales voies forestières

Le transport de matériaux forestiers et de produits du bois est une voie majeure d'introduction d'espèces exotiques capable d'envahir les écosystèmes forestiers et de nuire au secteur forestier. Le longicorne asiatique, le grand hylésine des pins, le chancre du châtaignier et la maladie hollandaise de l'orme constituent autant d'exemples d'espèces qui ont emprunté cette voie pour s'établir en Amérique du Nord.

Le commerce de produits du bois non traité (également appelé bois brut, bois vert ou bois non manufacturé) représente une voie à très haut risque d'introduction d'insectes et d'agents pathogènes forestiers dans de nouveaux environnements (Tkacz, 2002). Sont notamment considérés comme des produits du bois non traités comme les grumes, les poteaux et le bois d'œuvre brut, ainsi que tous les produits du bois n'ayant pas été traités contre les ravageurs (voir Chapitre 4 pour les différentes options de traitement). Le risque d'introduction augmente avec l'utilisation de conteneurs pour leur expédition, car pendant le transport, le conteneur permet la survie d'espèces associées au bois, tout en limitant l'accès pour l'inspection.

Fréquemment, du bois de mauvaise qualité entre dans la composition des matériaux d'emballage utilisés pour l'expédition de produits à destination de pays étrangers. Parmi les matériaux d'emballage en bois, on trouve notamment le bois de fardage, le bois de caisse, les palettes et tous les produits à base de bois non traité. Ces matériaux d'emballage représentent l'une des principales voies d'introduction d'organismes exotiques lignicoles (CFIA, 2004; Cock, 2003; cas 3.1).

CAS 3.1 Introduction d'espèces exotiques sur le territoire canadien par l'intermédiaire de matériaux d'emballage en bois massif

En 1997, des chercheurs du Service canadien des forêts ont examiné des bobines en bois utilisés pour le transport de câbles en provenance de Chine. Ils ont trouvé des coléoptères xylophages vivants dans 24 % des 50 tourets examinés, ainsi que des galeries révélatrices de la présence de scolytes dans 31 % des tourets. L'année suivante, plus de 40 espèces de coléoptères accompagnés de leurs parasitoïdes ont été trouvées dans des billes de bois vert utilisées comme bois de fardage pour l'expédition de blocs de granit en provenance de Norvège.

Source : Allen, 2001

Certaines espèces exotiques peuvent être introduites accidentellement ou de façon délibérée du fait de pratiques forestières, notamment par l'utilisation de certaines pratiques sylvicoles, ainsi que par le transfert de matériel génétique ou de contaminants de fruits ou de graines (Cock, 2003). Vingt des vingt-trois espèces exotiques d'insectes établies en Californie depuis 1980 sont arrivées par l'intermédiaire de végétaux importés à destination d'exploitations forestières commerciales (OTA, 1993). Les insectes et les maladies peuvent se nicher dans les cônes des conifères, ou encore dans les noix et les fruits des arbres forestiers. C'est probablement cette voie qu'a choisi le chalcidien séminiphage *Megastigmus spermotrophus* du Douglas taxifolié pour s'introduire en Europe en provenance d'Amérique du Nord avant de devenir le principal ravageur des vergers à graines de résineux d'Europe (Roques, 2001). Le transport par des individus de noix contaminées a été identifié comme l'une des voies d'introduction du chancre du noyer cendré dans de nouveaux environnements (cas 2.3).

Commerce international

La baisse des coûts de transport, la libéralisation et la mondialisation du commerce au cours de la dernière décennie ont entraîné l'expansion des échanges commerciaux internationaux. Le tableau 3.1 dresse la liste des régions et pays les plus actifs en matière d'échanges commerciaux pour l'année 2004.

Tableau 3.1 Quote-part dans le commerce mondial en 2004

Pays	Quote-part du total des échanges commerciaux internationaux (%)	
	Importations	Exportations
UE (25) ^{1,2}	18,3	18,1
États-Unis	16,0	8,9
Chine	5,9	6,5
Japon	4,8	6,2
Canada	2,9	3,4

¹UE (25) désigne les pays membres de l'Union européenne en mai 2004.

²Pour que l'UE (25) soit considérée comme un partenaire commercial unique, le calcul de sa part ne tient pas compte des échanges commerciaux au sein de l'UE (25).

Source : OMC, 2006

En 2004, l'Union européenne était le principal acteur du commerce international, au niveau des exportations comme des importations; le Canada se classait cinquième. Toutefois, les États-Unis arrivent en tête si l'on calcule la part dans le commerce mondial en prenant en compte individuellement les pays de l'UE (en incluant les échanges au sein de l'Union européenne). Les importations des É.-U. excèdent largement celles de tout autre pays et sont notamment cinq fois plus importantes que celles du Canada.

La mondialisation des échanges commerciaux a considérablement accru le nombre d'espèces exotiques introduites dans de nouveaux habitats. Ainsi, ces dernières années, le volume des échanges entre les É.-U. et la Chine a connu une croissance exponentielle. Le nombre d'insectes trouvés dans des matériaux importés de Chine a également augmenté, passant de 1 % du total des interceptions en 1987 à 20 % en 1996 (Berenbaum, 2001).

Commerce canadien

À mesure que les échanges commerciaux et les voyages internationaux se développent, les introductions d'espèces exotiques au Canada deviennent de plus en plus fréquentes et de plus en plus difficiles à tracer. Si l'Europe était l'un des principaux pourvoyeurs d'espèces exotiques introduites au Canada, récemment de plus en plus d'espèces ont tendance à provenir d'Asie (cas 3.1; cas 3.2). La fréquence accrue des voyages entre les différentes régions du Canada contribue par ailleurs à accélérer la propagation d'espèces exotiques à des aires plus isolées du pays (Service canadien de la faune, 2003).

Les États-Unis représentent toujours la principale source d'espèces exotiques envahissantes introduites au Canada, pour les raisons suivantes : l'importance en volume des échanges commerciaux entre les É.-U. et le reste du monde (voir tableau 3.1); le volume des

importations canadiennes en provenance des É.-U.; l'ouverture des frontières aux voyages d'affaires et aux touristes; la similitude des conditions environnementales du Canada et des États-Unis. (Perrault et collab., 2003).

La structure et les tendances relatives aux échanges commerciaux du Canada peuvent contribuer à expliquer l'un des facteurs essentiels de l'explosion actuelle en matière d'introduction d'espèces exotiques envahissantes dans de nouveaux habitats. Le tableau 3.2 présente les principaux partenaires du Canada en 2004 : la valeur des échanges pour l'ensemble des secteurs industriels et les pourcentages de la quote-part sont présentés pour les cinq principaux partenaires du Canada.

Près de 60 % des importations canadiennes proviennent des États-Unis, soit cinq fois la valeur des importations en provenance de l'Union européenne. Les importations à partir de la Chine sont en hausse.

Les É.-U. sont également le premier importateur de produits canadiens, ce qui constitue une voie d'introduction d'espèces envahissantes du Canada vers les É.-U.

En ce qui concerne la balance commerciale des produits forestiers du Canada, la situation est légèrement différente, au niveau des partenaires commerciaux comme au niveau de la répartition des échanges. Le tableau 3.3 présente les principaux partenaires commerciaux du Canada en ce qui a trait aux produits forestiers. La valeur des échanges commerciaux de produits forestiers et les pourcentages de la quote-part sont présentés pour les cinq principaux partenaires du Canada.

Environ 80 % des importations canadiennes de produits forestiers proviennent des États-Unis. Le montant des importations depuis les É.-U. est huit fois supérieur à celui des importations depuis l'Union européenne. Le volume élevé des importations forestières en provenance d'un seul pays fait de ce partenariat l'une des voies principales d'introduction de ravageurs et pathogènes forestiers au Canada.

Tableau 3.2 Quote-part dans le commerce canadien en 2004

Importations			Exportations		
Pays	Valeur (M\$ CAN)	Quote-part (%)	Pays	Valeur (M\$ CAN)	Quote-part (%)
É.-U.	208 971	58,7	É.-U.	348 142	84,5
Union européenne	42 001	11,8	Union européenne	22 833	5,5
Chine	24 100	6,8	Chine	8 558	2,1
Japon	13 511	3,8	Japon	6 655	1,6
Mexique	13 434	3,8	Mexique	2 995	0,7

Source : Industrie Canada, 2006

Tableau 3.3 Quote-part dans le commerce canadien de produits forestiers en 2004

Importations			Exportations		
Pays	Valeur (M\$ CAN)	Quote-part (%)	Pays	Valeur (M\$ CAN)	Quote-part (%)
É.-U.	7 657	78,3	É.-U.	35 293	79,4
Union européenne	953	9,7	Union européenne	2 552	5,7
Chine	433	4,4	Japon	2 432	5,5
Brésil	160	1,6	Chine	1 127	2,5
Indonésie	76	0,8	Corée du Sud	538	1,2

Source : Industrie Canada, 2006

Établissement d'espèces exotiques

Au cours des dernières décennies, l'établissement de la plupart des espèces exotiques s'est produit à proximité d'aéroports ou de ports maritimes (cas 3.2; cas 4.2).

CAS 3.2 Établissement de coléoptères xylophages en Colombie-Britannique

En 1995, le Service canadien des forêts a mené une étude en vue d'évaluer l'établissement d'espèces exotiques de scolytes et de coléoptères xylophages dans les forêts de la région métropolitaine de Vancouver. Un programme de piégeage a été lancé dans deux zones boisées protégées situées à proximité de l'aéroport international de Vancouver : le Richmond Nature Park, parc forestier urbain de 80 hectares, et la Réserve nationale de faune d'Alaksen, une forêt mixte de 300 hectares. L'examen des pièges a révélé que six nouvelles espèces exotiques de scolytes et de coléoptères xylophages s'étaient établies en Colombie-Britannique. Les espèces découvertes dans le cadre de cette étude provenaient d'une région subtropicale (une espèce), de régions tempérées de l'Europe (deux espèces), de régions tempérées du nord-est de l'Asie (deux espèces) et de l'est de l'Amérique du Nord (une espèce)

Source : Humble et collab., 1999

Grâce à l'utilisation accrue de conteneurs pour le transport des marchandises, les produits déchargés dans les ports maritimes ou les aéroports peuvent être acheminés par route ou par rail en tout lieu du pays importateur. Cela accroît les possibilités qu'une espèce exotique s'établisse loin de son point d'entrée. (Allen et Humble, 2002).

À la suite de leur introduction au point d'entrée, certaines espèces parviennent à s'établir et connaissent une croissance exponentielle de leur population comme de leur aire de distribution. Les taux d'établissement sont variables, certaines espèces exotiques pouvant connaître des phases de latence très longues avant de s'établir. Plusieurs facteurs peuvent expliquer l'établissement d'une espèce à la suite d'une période de latence, notamment l'espèce exotique en elle-même, le changement climatique ou l'impact de l'homme sur la zone d'introduction (Cock, 2003; Williamson, 1996). Par ailleurs, le temps d'adaptation à un nouvel habitat varie d'une espèce à l'autre. Certaines espèces connaissent une période de croissance exponentielle prolongée, provoquant une impression de croissance soudaine de leur population et pouvant laisser penser qu'elles sont en passe de devenir envahissantes. Loope et Howarth (2003) ont prévu que, au regard de la détermination du caractère envahissant des espèces exotiques au cours des cinq années qui suivent, « compte tenu de la phase de latence de certaines invasions, nous aurons principalement affaire à des espèces exotiques présentes, mais pas encore reconnues comme étant problématiques. »

4. Stratégies de gestion

Toute stratégie de gestion des espèces exotiques comporte quatre éléments : la prévention de nouvelles introductions, la détection précoce, l'éradication et le contrôle (Wittenberg et Cock, 2001). Ces éléments renvoient directement aux quatre phases d'une invasion biologique identifiées dans le chapitre 1. Le tableau 4.1 récapitule les phases d'une invasion biologique et les éléments stratégiques associés à chacune d'entre elles. La figure 4.1 illustre les relations entre ces différents éléments.

Tableau 4.1 Phases d'une invasion et éléments stratégiques de gestion correspondant

<i>Invasion d'une espèce exotique</i>	<i>Éléments de gestion</i>
Introduction	Prévention
Établissement	Détection précoce
Intégration	Éradication
Propagation	Contrôle

Du fait de changements de perception au regard du rôle des forêts, la gestion des espèces exotiques nuisibles aux forêts tend à évoluer vers des stratégies de gestion plus durables. La baisse marquée de l'emploi de pesticides par les exploitants forestiers des pays développés illustre parfaitement cette évolution. Selon le paradigme de la gestion durable, on préférera la prévention des invasions biologiques au contrôle des espèces envahissantes établies. Bien que la mise en place de mesures préventives soit insuffisante pour empêcher l'entrée d'organismes exotiques dans un pays, la prévention peut créer les conditions d'une éradication plus efficace et contribuer à éviter la mise en œuvre de programmes de contrôle longs et coûteux. La communauté scientifique soutient que la prévention des introductions constitue la première ligne de défense, mais aussi la plus efficace, contre les invasions d'espèces exotiques (Perrings, 2005; Wittenberg et Cock, 2001; Cambell, 2001) : en plus du coût élevé des traitements d'éradication et de contrôle en foresterie, de nombreuses mesures de contrôle font l'objet de controverse au sein de la population (Wallner, 2004). En foresterie, la prévention demeure donc la stratégie privilégiée de lutte contre les espèces exotiques envahissantes. Toutefois, du fait des coûts élevés associés à la prévention et des craintes relatives à de possibles perturbations des échanges commerciaux, les politiques nationales de prévention varient grandement d'un pays à l'autre.

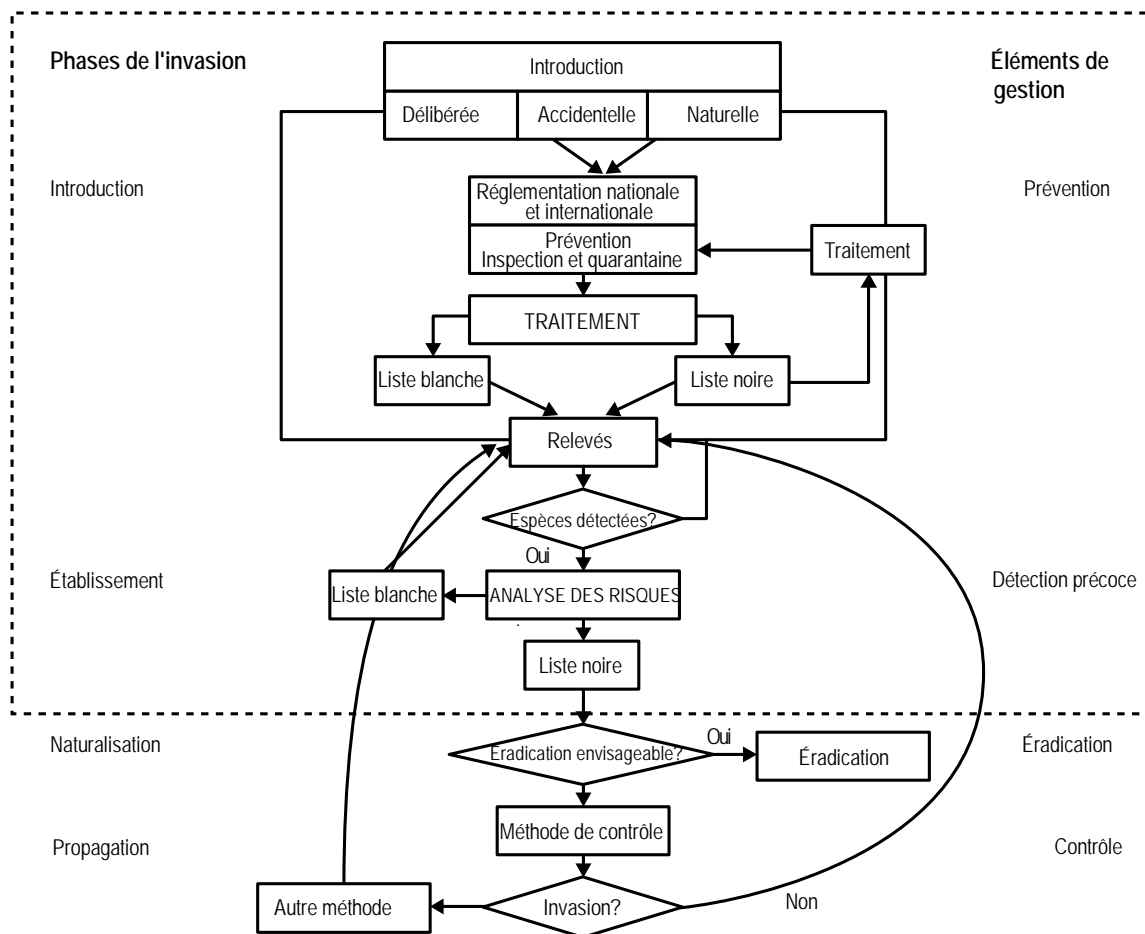


Figure 4.1 Synthèse des éléments constitutifs d'une stratégie de gestion en fonction des différentes phases d'invasions d'espèces exotiques (d'après Wittenberg et Cock, 2001).

Dans la foulée du chapitre 3, qui abordait uniquement les questions de l'introduction et de l'établissement des espèces exotiques, le présent chapitre étudie les options en matière de prévention et de détection précoce des espèces exotiques envahissantes.

Les étapes mentionnées dans l'encadré de l'organigramme de la figure 4.1 illustrent l'approche recommandée pour prévenir l'introduction et l'établissement d'organismes exotiques envahissants dans un pays. Conformément aux réglementations nationales et internationales relatives à l'introduction d'espèces exotiques, toute introduction délibérée d'espèces (végétales) ou de marchandise doit faire l'objet d'une analyse du risque phytosanitaire. L'introduction accidentelle d'espèces envahissantes liées à certaines marchandises ou à certaines voies d'approvisionnement peut être évitée si les marchandises et les voies d'approvisionnement envisagées pour l'importation sont soumises à des analyses de risque. Les conclusions des analyses de risque permettent d'autoriser ou d'interdire l'importation de certaines matières premières dans un pays; elles permettent par ailleurs d'établir deux listes : 1) une liste « noire » d'espèces reconnues comme ayant été nuisibles dans d'autres régions, donc interdites d'entrée sur le territoire du pays; 2) une liste « blanche » d'espèces sans antécédents connus de dommages causés, donc autorisées d'entrée. À l'exception de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, la pratique actuelle adoptée par la plupart des pays en matière de gestion des espèces exotiques

envahissantes veut que, pour qu'une espèce soit reconnue comme problématique et soit inscrite sur une liste noire, elle ait déjà posé problème soit dans son pays d'origine, soit dans un autre pays. Aux États-Unis, par exemple, l'ajout d'une espèce à une liste noire peut prendre plusieurs années, surtout si cette mesure se heurte aux intérêts économiques de groupes ou de secteurs influents sur le plan économique ou politique (Berenbaum, 2001).

En dépit de la mise en place de mesures destinées à prévenir l'introduction d'espèces envahissantes, certains organismes envahissants continuent d'entrer sur des territoires nationaux soit par contrebande, soit en passant à travers les mailles des inspections aux frontières. Il est indispensable de procéder à des études, afin de détecter et de contrôler à la fois les espèces exotiques non détectées par les inspections avant la frontière ou frontalières, ainsi que les espèces de la liste blanche autorisées à entrer sur le territoire, de façon à s'assurer qu'elles ne causent pas de dommages à leur nouvel environnement.

Intercepter pour prévenir les introductions

La prévention de l'introduction d'espèces exotiques passe par la mise en application de la réglementation en vigueur, principalement par la mise en place de procédures d'inspection et le versement de droits d'inspection. La meilleure façon d'éviter les introductions accidentelles ou délibérées d'organismes dans le cadre d'échanges commerciaux consiste à s'attaquer à cette question soit dans le pays d'origine préalablement à l'exportation des marchandises et des organismes afférents, soit au point d'entrée du pays importateur lors de la réception des marchandises. En règle générale, la responsabilité de la prévention de l'introduction d'espèces exotiques incombe aux administrations gouvernementales nationales. La mise en œuvre de programmes d'inspection frontalière et d'exclusion est indispensable. Une fois l'inspection adéquate passée avec succès, un certificat sanitaire ou phytosanitaire peut être délivré. Outre la procédure d'inspection frontalière, on pourra inspecter les végétaux ou animaux importés après leur entrée sur le territoire, de façon à contrôler la présence éventuelle d'espèces non indigènes liées aux marchandises importées. Une procédure d'inspection peut donc être mise en place (1) avant la frontière (2), à la frontière ou (3) après la frontière.

Dans la plupart des pays développés, on a mis en œuvre des systèmes de réglementation et d'inspection en vue de se prémunir contre l'introduction d'organismes nuisibles. En dépit du développement marqué des échanges commerciaux régionaux et mondiaux des pays d'Amérique du Nord, les capacités d'inspection relatives aux espèces exotiques demeurent à 2 % environ du volume des marchandises importées. Ainsi, en 2004, les importations états-uniennes et canadiennes atteignaient respectivement 1 525 billions de dollars US et 279 milliards de dollars US (OMC, 2006). Les possibilités d'introduction, par le biais du commerce, d'espèces exotiques envahissantes passées inaperçues ont considérablement augmenté (Perrault et collab., 2003).

En 1951, 79 nations ont adopté la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV; https://www.ippc.int/IPP/Fr/default_fr.jsp; consulté le 29 août 2008) afin de prévenir la propagation des plantes, des insectes et des maladies dangereuses. La CIPV énonce plusieurs principes, dont un relatif au processus d'analyse du risque phytosanitaire (FAO, 2004). Cette analyse de risque comprend notamment l'évaluation de la probabilité d'introduction et de propagation d'une espèce visée par une mise en quarantaine, ainsi que l'évaluation de l'impact économique et écologique de son introduction. Bien que la plupart des principes et mécanismes de la CIPV soient d'une importance capitale, en pratique, les recommandations relatives au processus d'analyse du risque phytosanitaire sont difficilement applicables à la foresterie (Wallner, 2004). Compte tenu de la grande complexité des écosystèmes forestiers, ainsi que du manque de données scientifiques sur le potentiel d'envahissement de la plupart des espèces exotiques, il n'est pas facile de prédire les conséquences potentielles de leur introduction ou leur

degré de nocivité. Même s'il n'est pas toujours mis en pratique par manque d'information, ce type d'analyse, avant la frontière ou à la frontière, est pourtant essentiel pour les forêts.

Analyse de risque

L'analyse de risque comprend quatre étapes principales : le déclenchement de l'analyse de risque, l'évaluation du risque, la gestion du risque et la communication sur les risques (FAO, 2004; Cock, 2003). Bien que les chercheurs adoptent des classifications diverses au regard des étapes de l'analyse de risque, une relative homogénéité règne pour ce qui est du contenu de ces analyses de risque.

Déclenchement : Une analyse de risque peut être déclenchée par l'identification soit d'une voie permettant l'introduction d'une espèce exotique de ravageur justiciable de quarantaine, soit d'une espèce de ravageur justiciable de quarantaine. La FAO a publié (2004) un document présentant dans le détail ce processus de déclenchement.

Avant tout déclenchement d'une analyse de risque, il est nécessaire de vérifier si la voie d'introduction potentielle ou l'espèce a déjà fait l'objet d'analyses au niveau national ou international. Une analyse antérieure peut en effet servir de référence initiale; la voie d'introduction ou l'espèce devront néanmoins être réévaluées pour tenir compte des conditions différentes, modifiées ou plus actuelles.

L'*évaluation du risque* détermine la probabilité qu'une espèce ou une espèce associée à une voie d'introduction suspectée soit introduite avec succès, s'établisse et infeste une zone donnée. L'évaluation du risque estime également l'impact potentiel de l'espèce sur l'économie et l'écologie. Pour évaluer une espèce, il convient de mener une recherche documentaire appropriée, de recueillir les opinions d'experts en la matière et de procéder à des analyses qualitatives et quantitatives.

Les conclusions de ces deux analyses, probabilité d'une invasion et impact potentiel, apparaissent généralement soit sur une échelle simple de notation selon laquelle le risque est soit qualifié d'« élevé », de « moyen » ou de « faible », soit noté selon une cote numérique. On obtient l'évaluation qualitative finale du risque en multipliant les deux résultats précités. De la sorte, une espèce dont la probabilité d'introduction ou d'établissement est faible, mais avec un impact potentiel très élevé, pourra se voir associer un risque évalué comme « élevé ».

L'évaluation du risque pourra permettre d'exclure certaines espèces des circuits marchands préalablement à leur entrée dans une zone donnée; à la suite de l'établissement d'une espèce, on pourra mener une évaluation du risque afin de connaître son potentiel d'envahissement. Lorsqu'on procède à une évaluation du risque pour une espèce exotique déjà établie, on peut utiliser différents modèles pour estimer les répercussions économiques et écologiques potentielles de cet établissement.

À l'issue de l'évaluation du risque, chaque espèce, qu'elle soit indépendante ou associée à une voie d'introduction, est intégrée soit à une liste noire soit à une liste blanche en fonction du risque qu'elle représente en matière d'invasion et de dommage. Les conclusions de l'évaluation du risque contribuent à déterminer si des mesures doivent être prises pour gérer l'espèce incriminée et, si oui, lesquelles. L'évaluation du risque permet également de définir des priorités afin de gérer au mieux le peu de temps et de financement à disposition. Combinés à la communication sur les risques, le processus d'évaluation du risque et ses conclusions sont utilisés pour obtenir le soutien du public et trouver le financement pour mener à bien l'exclusion ou l'éradication de l'espèce.

La *communication sur les risques* consiste à divulguer des conclusions de l'évaluation du risque auprès des décideurs, du public et des gestionnaires, de sorte que les conclusions soient

correctement interprétées et que des décisions éclairées puissent être prises. Le public doit soutenir les décisions et les mesures adoptées en matière de gestion; sa compréhension, son acceptation et son soutien sont indispensables à l'efficacité des mesures prises pour contrer les espèces exotiques.

La *gestion du risque* a trait aux mesures prises à l'égard des espèces identifiées comme représentant un risque pour l'environnement et l'économie, donc classées sur la liste noire. Il convient donc de définir des objectifs, de comparer les différentes options de gestion, d'évaluer les conséquences et les niveaux de risque considérés comme acceptables, et de classer les différentes options par ordre de priorité. Ainsi, les conclusions de l'évaluation du risque sont liées aux options disponibles. La gestion du risque devient alors une étape essentielle du cadre décisionnel visant à sélectionner des plans d'action parmi les diverses alternatives de gestion envisageables.

Activités de gestion lors de la phase d'introduction

Lorsque des marchandises importées ou leurs matériaux d'emballage sont suspectés d'abriter des organismes exotiques, il peut être nécessaire de leur appliquer des technologies de traitement telles que fumigation, application de pesticides, immersion dans l'eau, traitement par le chaud ou par le froid, ou encore irradiation.

On utilise souvent la *fumigation* pour tuer des insectes ayant infesté des fruits, des légumes ou du bois d'œuvre. Ces marchandises subissent un traitement gazeux, à pression atmosphérique et température spécifiques et pendant une durée spécifique, en fonction de la marchandise et du ravageur suspectés. Pendant longtemps le produit chimique le plus couramment utilisé, le bromure de méthyle est progressivement éliminé; des alternatives sont envisagées. D'autres protocoles de traitement chimique impliquent l'immersion des marchandises dans une substance liquide.

Les *traitements par le chaud ou par le froid* utilisent l'application d'une température élevée ou basse pour éradiquer des espèces exotiques. Les marchandises sont soit réfrigérées à une température spécifique pendant un nombre de jours prédéfini, soit plongées dans de l'eau chaude à une température spécifique pendant un temps précis.

La stérilisation par *lumière ultraviolette* est une méthode de traitement des marchandises viable et respectueuse de l'environnement. L'irradiation par lampe ultraviolette haute intensité est particulièrement efficace sur les petits organismes.

Traitements combinés : Quand une méthode unique se révèle inefficace et que le risque d'introduction d'une espèce dépasse un certain seuil, il est souvent nécessaire de combiner plusieurs méthodes de traitement. Cela se produit dans un certain nombre de cas.

Embargo : Lorsque l'application de mesures strictes est insuffisante pour prévenir l'introduction d'espèces potentiellement nuisibles, la mise en place d'un embargo peut être envisagée. Un embargo, qui consiste en une interdiction des échanges commerciaux s'appuyant sur des réglementations internationales, peut s'appliquer à des produits, à des régions d'origine ou à des itinéraires spécifiques. En vertu de l'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord SPS) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), les pays membres ont le droit de prendre toutes les mesures sanitaires ou phytosanitaires nécessaires à la protection de la vie ou de la santé humaine, animale ou végétale, à condition que ces mesures se fondent sur des principes scientifiques (WTO-SPS http://www.wto.org/french/tratop_f/sps_f/sps_f.htm; cas 4.1).

CAS 4.1 Embargos sur l'importation de produits forestiers en provenance d'Amérique du Nord

En 1984, les autorités finlandaises responsables de l'inspection des végétaux ont trouvé des nématodes du pin (*Bursaphelenchus xylophilus*) dans des copeaux de pin importés des États-Unis et du Canada. En conséquence, la Finlande a interdit toute importation de copeaux et de bois débité de conifères originaires de régions où ont été recensés des nématodes du pin. En 1985, l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes a recommandé aux pays européens d'interdire toutes les importations de bois, à l'exception du bois séché en séchoir, en provenance des États-Unis et du Canada en raison de nématodes du pin. Cet embargo a causé de lourdes pertes économiques au secteur forestier en Amérique du Nord.

En 1990, les services finlandais d'inspection phytosanitaire ont intercepté des nématodes vivants dans des contenants en bois utilisés pour le transport d'oignons en provenance du Canada. En dépit d'une loi finlandaise adoptée en 2000 qui rend obligatoire la délivrance d'un certificat phytosanitaire pour toute expédition véhiculant des conteneurs en bois résineux, l'introduction de nématodes du pin en Finlande s'est poursuivie de manière continue.

Source : Allen et Humble, 2002; Tomminen, 2000; Dwinell et Nickle, 1989

Activités de gestion lors de la phase de détection précoce

Pour prévenir l'établissement et la propagation des espèces exotiques envahissantes, il est essentiel de mettre en place un système de détection précoce. L'impossibilité d'éradiquer certaines espèces nouvellement introduites est souvent liée à une détection tardive. Selon Williamson (1996), environ 10 % des espèces introduites parviennent à s'établir, et environ 10 % des espèces réussissant à s'établir deviennent un jour envahissantes et constituent alors une menace pour l'économie et l'environnement. La détection précoce des espèces exotiques s'appuie sur la mise en œuvre d'études régulières visant à détecter les espèces nouvellement établies.

Ces relevés ont pour objet de détecter les nouvelles espèces envahissantes dans les premiers temps de leur invasion biologique. Si certaines espèces exotiques sont facilement détectées, d'autres ne sont localisées et identifiées qu'au prix d'efforts particuliers, notamment lorsque leurs populations sont restreintes. Les relevés ne sont pas nécessairement destinés à recueillir des données scientifiques; leur objectif peut être, par exemple, de s'attirer la collaboration du public. Une étude sera d'autant plus efficace qu'elle ciblera une espèce connue pour avoir été envahissante dans des conditions similaires dans une autre région ou un autre pays.

Trois sortes de relevés sont à prendre en considération : les études générales, les études portant sur un site et les études portant sur une espèce. Selon l'objet de l'étude, ces catégories parfois se confondent ou se recoupent. Les équipes chargées de mener les études doivent être formées, soit dans le pays, soit par l'intermédiaire des formations proposées à l'étranger. Par ailleurs, en particulier sur les sites de haute valeur pour la conservation et aux points d'entrée à haut risque situés à proximité d'habitats d'espèces en voie de disparition, les études ne peuvent se contenter d'examiner exclusivement certaines espèces ou marchandises spécifiques. Elles doivent s'intéresser aux voies lorsqu'elles s'intéressent à des voies empruntées par des organismes exotiques très divers (cas 4.2).

CAS 4.2 Détection précoce du longicorne brun de l'épinette en Nouvelle-Écosse

Le longicorne brun de l'épinette (*Tetropium fuscum*) est considéré comme un ravageur secondaire des forêts d'épinettes de Norvège. Ce coléoptère a été découvert à Halifax en 1999 sur des épinettes rouges mortes ou mourantes. Début 2000, les chercheurs du Service canadien des forêts ont identifié ce coléoptère comme étant à l'origine de la mortalité des épinettes rouges, auparavant en bonne santé, de la Municipalité régionale de Halifax. Il s'agissait là de la première interception de ce ravageur forestier envahissant sur le continent

nord-américain. Il semblerait que ce ravageur ait été introduit au Canada par l'intermédiaire de matériaux d'emballage en bois massif ayant transité par le port de Halifax.

À Halifax, les équipes de l'Agence canadienne d'inspection des aliments et du ministère des Ressources naturelles de Nouvelle-Écosse ont procédé à des relevés au sol afin de déterminer la répartition du coléoptère. Outre ce programme néo-écossais, une étude a été menée au niveau national durant l'automne-hiver 2001 dans des zones portuaires et de destruction et d'entreposage de bois de fardage. Des milliers d'arbres ont été examinés aux quatre coins du Canada. La présence du coléoptère n'a toutefois pas été détectée ailleurs qu'en Nouvelle-Écosse.

Source : ACIA, 2003; Smith et Hurley, 2000

La *sensibilisation du public* est une mesure à ne pas négliger dans le cadre de la détection précoce. Les programmes de sensibilisation peuvent cibler des groupes déjà familiarisés avec les questions environnementales et prendre la forme de campagnes d'information médiatiques. Les voyageurs sont rarement au fait des lois et règlements visant à prévenir l'introduction d'espèces exotiques, ainsi que de la raison d'être de cette réglementation. Les programmes de sensibilisation devraient s'attacher en priorité à justifier ces restrictions. En ce sens, le British Columbia Ministry of Forest and Range a élaboré une base de données sur les plantes envahissantes en Colombie-Britannique, en vue de partager les renseignements des différents organismes et organisations non gouvernementales impliquées dans la gestion des plantes envahissantes (<http://www.for.gov.bc.ca/hfp/invasive/>; 16 octobre 2006).

Bases de données : Une autre mesure prioritaire pouvant contribuer à la détection d'espèces exotiques aux premiers stades d'une invasion consiste à exploiter les listes d'espèces identifiées au cours d'études antérieures. Des bases de données devraient contenir les renseignements disponibles concernant les espèces identifiées lors des inspections frontalières, notamment en ce qui concerne l'origine géographique de ces espèces et les voies d'entrée concernées. L'accessibilité de bases de données de ce type aux autres pays permettrait d'améliorer l'efficacité des mesures de prévention au niveau mondial. Bien que de nombreuses organisations exploitent des bases de données répertorient les espèces connues pour leur potentiel d'envahissement, ces bases de données sont dispersées sur la surface du globe et utilisent des systèmes de classification et des outils de recherche différents de l'une à l'autre. Exemple de base de données élargie, BioNET International est un réseau mondial destiné au développement des capacités en matière de taxinomie (BioNET, 1999).

On manque cependant de bases de données spécialisées dans les ravageurs et pathogènes exotiques forestiers. Le cas 4.3 présente l'une des rares bases de données de ce type.

CAS 4.3 ExFor, base de données relative aux espèces exotiques nuisibles aux ressources forestières

ExFor est une base de données nord-américaine compilant des renseignements sur les organismes exotiques pouvant endommager gravement les ressources forestières du Canada, des États-Unis et du Mexique. ExFor est un projet mené conjointement par les organisations membres du groupe de travail sur les insectes et les maladies de la Commission forestière pour l'Amérique du Nord. Parmi ces organismes, on trouve notamment le Service canadien des forêts, l'Agence canadienne d'inspection des aliments, Sanidad forestal (Mexique), l'U.S. Department of Agriculture Forest Service et l'Animal and Plant Health Inspection Service de l'U.S. Department of Agriculture.

Source : ExFor, 2006

En vue de l'établissement de listes noires d'espèces envahissantes, les bases de données doivent contenir des données détaillées sur les ravageurs et agents pathogènes forestiers indigènes. En ce sens, un livre récemment publié décrivant 175 espèces de défoliateurs forestiers en Colombie-Britannique pourrait constituer une excellente source d'information sur des insectes susceptibles d'être inscrits sur une liste noire à l'occasion du déclenchement d'une analyse de risque (Duncan, 2006).

Nous avons ici uniquement évoqué des mesures liées à l'introduction et à la détection précoce des espèces exotiques envahissantes. Les mesures d'éradication et de contrôle des espèces parvenues à s'établir sont généralement comparables à celles applicables aux ravageurs et maladies indigènes d'une aire géographique donnée.

5. Politiques et institutions

Ce chapitre passe en revue les principales politiques, institutions et ententes internationales, ainsi que certaines à l'échelle nationale et régionale, visant à prévenir et à réguler les invasions d'espèces exotiques dans le respect des écosystèmes forestiers. En 2003, quelque 20 accords multilatéraux avaient traité la question des espèces exotiques, au niveau mondial ou au niveau régional (Kreith et Golino, 2003).

Organisations et accords internationaux

En matière d'espèces exotiques forestières envahissantes, la politique et les institutions du Canada s'appuient sur les accords internationaux relatifs à la régulation des espèces exotiques.

Accord international pionnier en matière de conservation de la biodiversité, la Convention sur la diversité biologique (CDB) a été conclue en 1992 à l'occasion du sommet de la Terre de Rio de Janeiro (<http://www.cbd.int>; 29 août 2008). La CDB propose des directives générales concernant la gestion des espèces exotiques, en recommandant notamment que tout membre signataire « empêche d'introduire, contrôle ou éradique les espèces exotiques qui menacent des écosystèmes, des habitats ou des espèces » (CDB, article 8(h); <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-fr.pdf>, page 8; consulté le 29 août 2008).

Adoptée en 1952, la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV; https://www.ippc.int/IPP/Fr/default_fr.jsp; consulté le 29 août 2008) vise à assurer une action efficace afin de prévenir la dissémination et l'introduction d'organismes nuisibles aux végétaux et aux produits végétaux, et de promouvoir des mesures appropriées pour leur contrôle. Le secrétariat de la CIPV, dont les bureaux se trouvent au siège de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), est chargé de la préparation des Normes internationales pour les mesures phytosanitaires (NIMP). Les NIMP et les directives visant à parvenir à une harmonisation des mesures phytosanitaires internationales sont accessibles aux membres de la FAO, ainsi qu'à toutes les autres parties intéressées. L'objectif de ces normes est de faciliter le commerce de végétaux et de produits végétaux, ainsi que d'éviter la mise en œuvre injustifiée de mesures susceptibles d'entraver les échanges commerciaux.

L'Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord SPS) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC; <http://www.wto.org/>; consulté le 29 août 2008) a été conclu durant les négociations du cycle d'Uruguay (1986–1994). L'Accord SPS vise à trouver un juste équilibre entre, d'une part, les prérogatives des États membres de se protéger des menaces potentiellement introduites par les importations étrangères et, d'autre part, l'objectif multilatéral visant à éliminer les restrictions protectionnistes. Cet accord encourage le respect des normes internationales, mais n'y contraint pas. Les membres sont libres de mettre en œuvre un niveau supérieur de protection, à condition que ces mesures se fondent sur des données scientifiques solides (Smith 2003) :

Les Membres feront en sorte que leurs mesures sanitaires et phytosanitaires n'établissent pas de discrimination arbitraire ou injustifiable entre les Membres où existent des conditions identiques ou similaires, y compris entre leur propre territoire et celui des autres Membres. Les mesures sanitaires et phytosanitaires ne seront pas appliquées de façon à constituer une restriction déguisée au commerce international.

Source : OMC-SPS, Article 2.3, 1995

Par ailleurs :

Les Membres feront en sorte que ces mesures ne soient pas plus restrictives pour le commerce qu'il n'est requis pour obtenir le niveau de protection sanitaire ou phytosanitaire qu'ils jugent approprié, compte tenu de la faisabilité technique et économique.

Source : OMC-SPS, Article 5.6, 1995

En ce qui concerne le commerce international des végétaux, la CIPV et les organisations régionales de protection des végétaux sont conjointement chargées de l'élaboration de normes phytosanitaires de mise en œuvre des mesures SPS adoptées par l'OMC.

Organisations et accords nord-américains

L'Organisation nord-américaine pour la protection des plantes (NAPPO), organisation régionale de protection des végétaux relevant de la CIPV, est chargée d'élaborer des normes phytosanitaires à l'échelle de l'Amérique du Nord. Le chapitre 7 de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), qui propose des directives semblables à celles de l'accord SPS de l'OMC, promeut l'application de normes internationales afin de contrôler les phytoravageurs et prend notamment à son compte les travaux de la CIPV et de la NAPPO.

La Commission forestière pour l'Amérique du Nord (CFAN; <http://www.fs.fed.us/global/nafc/>; consulté le 29 août 2008) est une commission forestière régionale de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La CFAN, chargée depuis 1958 des questions forestières de l'Amérique du Nord, est à l'origine de la mise en place du Système d'information sur les ravageurs forestiers exotiques d'Amérique du Nord (ExFor), projet mené conjointement par les organisations membres du groupe de travail sur les insectes et les maladies.

Institutions et politiques nationales

Les stratégies adoptées pour lutter contre les espèces exotiques envahissantes divergent d'un pays à l'autre, d'un continent à l'autre, voire d'une région ou d'un secteur à l'autre d'un même pays. Les sections qui suivent présentent un aperçu des politiques et des cadres institutionnels en place au Canada, aux États-Unis, au sein de l'Union européenne, en Australie et en Nouvelle-Zélande. La nécessité d'une telle analyse a été motivée par le fait que les É.-U. et l'Union européenne sont les principaux partenaires commerciaux du Canada, et que l'Australie et la Nouvelle-Zélande ont fait l'objet de nombre d'invasions biologiques qui ont entraîné la mise en œuvre de systèmes avancés en matière de biosécurité. Les responsables politiques comme les exploitants forestiers canadiens devraient pouvoir tirer profit de ces renseignements lacunaires, ainsi que des expériences de régulation et de gestion des espèces exotiques envahissantes tentées par ces différents pays.

Canada

Les principales institutions chargées de la question de l'introduction des espèces exotiques envahissantes au regard de la foresterie et des écosystèmes du Canada sont l'Agence canadienne d'inspection des aliments, le Service canadien des forêts et Environnement Canada.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA; <http://www.inspection.gc.ca/>; consulté le 2 septembre 2008) est chargée d'élaborer des procédures scientifiques pour prévenir

l'introduction et l'établissement d'espèces exotiques envahissantes au Canada. Responsable de la surveillance, cette agence met en œuvre les procédures visant à contrôler les espèces envahissantes présentes dans le pays. L'ACIA régule un certain nombre de ravageurs forestiers et procède à l'évaluation du risque relatif à des voies d'introduction et à des organismes multiples. Elle mène également, pour le Canada, la mise en œuvre de la Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes.

Le Service canadien des forêts (SCF; <http://scf.rncan.gc.ca>; consulté le 2 septembre 2008), qui relève de Ressources naturelles Canada, promeut le développement durable des forêts du Canada et la compétitivité du secteur forestier canadien. Principal organisme fédéral de recherche en foresterie du Canada, le SCF étudie les espèces exotiques envahissantes potentiellement nuisibles aux écosystèmes forestiers et au secteur forestier; il propose des renseignements sur les aspects écologiques liés aux ravageurs forestiers potentiels, ainsi que sur leurs possibilités d'établissement et de propagation. Par ailleurs, le SCF procède à des études visant à détecter, à identifier et à contrôler les ravageurs forestiers potentiels; il élabore également des systèmes dans le but de prévoir, de prévenir et d'atténuer les invasions de ravageurs exotiques forestiers.

Le SCF a été l'un des principaux acteurs de l'élaboration de la nouvelle Stratégie nationale sur les ravageurs forestiers du Canada. Approuvée en septembre 2007 et prenant en considération les espèces indigènes et exotiques de ravageurs forestiers, cette stratégie cherche à coordonner les efforts des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux en vue de gérer cette question des ravageurs forestiers qui transcende les limites territoriales de compétence à l'intérieur du pays. Le SCF a récemment utilisé les méthodologies préconisées par la Stratégie, lesquelles se basaient sur les mesures préconisées dans la NIMP sur l'analyse de risque de la CIPV, pour évaluer le risque d'expansion du dendroctone du pin ponderosa au-delà de son aire géographique dans l'ouest du Canada, jusque dans les forêts boréales du pays (Bill Wilson, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Pacifique, Victoria, C.-B., communication personnelle). Environnement Canada est le principal organisme responsable de la question globale des espèces exotiques envahissantes qui menacent les écosystèmes naturels du Canada.

Environnement Canada a élaboré la Stratégie nationale de la biodiversité conformément aux exigences de la CDB (Environnement Canada, 1994); cette stratégie comprend plusieurs éléments ayant trait à la prévention et au contrôle des espèces exotiques envahissantes. Environnement Canada s'est par ailleurs impliqué dans l'élaboration d'une stratégie nationale de prévention et de contrôle des espèces envahissantes; présentée en septembre 2004, la Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes présente quatre objectifs principaux :

- (1) prévention des introductions délibérées ou accidentelles;
- (2) détection et identification des nouveaux envahisseurs;
- (3) intervention rapide en présence de nouveaux envahisseurs;
- (4) gestion efficace des envahisseurs établis (Environnement Canada, 2004).

La stratégie est mise en œuvre conjointement par les organismes gouvernementaux fédéraux, provinciaux et territoriaux, des organisations non gouvernementales, des institutions universitaires et des citoyens canadiens à titre personnel.

États-Unis

Les principales institutions états-uniennes chargées de la gestion des menaces à la foresterie et aux écosystèmes forestiers du fait des espèces exotiques envahissantes sont le

National Invasive Species Council, le Forest Service du Department of Agriculture (USDA) des É.-U. et l'Animal Plant Health Inspection Service (APHIS).

Créé en 1999, le National Invasive Species Council (NISC) a pour mandat de

...faire office de chef de file national sur la question des espèces envahissantes; assurer la coordination et la concrétisation des efforts au niveau fédéral; soutenir les actions au niveau des localités, des États, des tribus et des écosystèmes; identifier les recommandations en matière de coopération internationale; faciliter la mise en place d'un réseau coordonné de documentation et de suivi des espèces envahissantes; élaborer un réseau d'information sur Internet; fournir une orientation en matière d'espèces envahissantes aux agences fédérales dans la perspective de l'application de la National Environmental Policy Act.

Source : Clinton, 1999

Au niveau fédéral, l'Animal Plant Health Inspection Service de l'USDA (APHIS; <http://www.aphis.usda.gov/>; consulté le 2 septembre 2008) est le principal organisme responsable de l'application du plan de gestion du NISC. L'APHIS de l'USDA est responsable des inspections et de la mise en quarantaine des marchandises importées aux États-Unis; elle mène par ailleurs des recherches et assiste les acteurs du secteur privé dans leurs projets de contrôle des ravageurs. C'est au service Plant Protection and Quarantine de l'APHIS qu'incombe la responsabilité première de faire appliquer les lois relatives aux espèces envahissantes.

Du ressort de l'USDA Forest Service (<http://www.fs.fed.us>; consulté le 10 juillet 2006), les espèces exotiques envahissantes des écosystèmes forestiers et l'habitat faunique sont également régulés et gérés par divers organismes fédéraux et d'États. Le USDA Forest Service considère les espèces exotiques envahissantes comme l'une des quatre menaces les plus graves planant sur les forêts du pays. Qualifiées de « dramatique incendie de forêt au ralenti » (USDA FS, 2006a), les invasions d'espèces exotiques affectent la santé non seulement des forêts et des prairies, mais également de la faune et de la flore, du bétail, des poissons et des humains. Le Forest Service considère comme envahissante toute espèce exotique qui remplit les deux critères suivants : elle n'est pas indigène de l'écosystème considéré et son introduction a un impact néfaste potentiel ou réel sur l'économie, l'environnement ou la santé humaine (Clinton, 1999).

Les éléments constitutifs de la stratégie nationale du Forest Service pour lutter contre les espèces exotiques envahissantes sont la prévention, la détection précoce, l'intervention rapide, le contrôle et la gestion (USDA FS, 2004). Les mesures préventives sont considérées avoir le meilleur rapport coût-efficacité pour réduire ou annihiler l'impact économique ou environnemental des invasions d'espèces exotiques aux États-Unis. Ces mesures de prévention s'appuient sur tout un éventail d'outils et de méthodes combiné à des partenariats efficaces au niveau national et international (USDA FS, 2004).

Les programmes de détection précoce, de contrôle et de gestion des espèces exotiques envahissantes du Forest Service identifient et établissent des priorités relativement aux espèces envahissantes qui devront être contrôlées et gérées; ces programmes se fondent sur des études d'évaluation des risques, sur l'identification de seuils d'action et sur la planification, afin d'atteindre les objectifs escomptés. Le contrôle et la gestion de ces activités s'appuient sur les principes de la lutte intégrée contre les ravageurs, qui combinent notamment différentes techniques physiques, mécaniques, biologiques, culturelles et chimiques. Le Forest Service a

élaboré plusieurs outils destinés à renforcer les mesures de contrôle et de gestion des espèces exotiques envahissantes (cas 5.1).

CAS 5.1 Outils destinés à prédire la répartition géographique des espèces exotiques envahissantes aux États-Unis

Créée en 1995, la Forest Health Technology Enterprise Team de la Forest Health Division de l'USDA Forest Service a modélisé l'impact de plusieurs insectes et maladies sur les écopaysages. L'équipe a élaboré un outil cartographique qui exploite des données existantes en vue de prédire l'étendue géographique des dommages futurs causés par la maladie corticale du hêtre, le puceron lanigère de la pruche et la spongieuse. Elle a cartographié la répartition des arbres-hôtes de ces envahisseurs exotiques dans des cellules de 1 km² en interpolant les données des inventaires forestiers de 37 États. Selon les estimations, la maladie corticale du hêtre occupe actuellement seulement 27 % de son aire potentielle de répartition; la maladie a toutefois envahi plus de 54 % de la densité totale de son hôte. Le puceron lanigère de la pruche occupe près de 26 % de son aire de répartition potentielle, et environ un quart de la densité totale de son hôte. La spongieuse occupe seulement 23 % de son aire de répartition potentielle à l'est des États-Unis et seulement 26 % de la densité de ses hôtes.

Les chercheurs du Forest Service ont élaboré une autre suite de modèles pour procéder à des évaluations des risques liés aux insectes et maladies. L'un de ses produits les plus récents est une cartographie des risques associés à certaines espèces envahissantes. La figure 5.1 présente une illustration graphique du potentiel d'introduction et d'établissement du sîrex européen du pin (*Sirex noctilio*) aux États-Unis.

Source : USDA FS, 2006b; USDA FS, 2006c; Morin et collab., 2005

Union européenne

Aucune législation de l'Union européenne (UE) ne lutte spécifiquement contre les espèces exotiques envahissantes, bien que l'Union européenne ait signé plus de 40 accords internationaux et régionaux contenant des programmes ayant trait aux espèces exotiques envahissantes (Scalera et Zaghi, 2004). Il a fallu attendre ces dernières années pour que l'UE accorde plus d'attention à la question des espèces exotiques envahissantes.

C'est en 1979 qu'a été signée, à Berne, la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe. Cet accord comporte des dispositions et recommandations majeures relatives aux espèces exotiques. Afin de préserver les espèces sauvages de pratiques commerciales non durables, l'UE a par ailleurs adopté un certain nombre de lois, connues sous l'appellation générique de « réglementation du commerce des espèces sauvages », dont l'objectif est de mettre en application la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES; <http://www.cites.org/fra/index.shtml>; consulté le 2 septembre 2008).

En 1998, la Commission européenne a adopté une communication concernant une stratégie communautaire en faveur de la diversité biologique, qui faisait spécifiquement référence aux espèces exotiques envahissantes. La stratégie européenne pour la biodiversité est mise en œuvre au moyen de plans d'action portant sur quatre domaines : la conservation des ressources naturelles, l'agriculture, la pêche et la coopération sur le plan économique et en matière de développement (Commission européenne, 1998). La foresterie n'est pas considérée comme un secteur d'intérêt particulier, mais plutôt comme une catégorie de ressources naturelles.

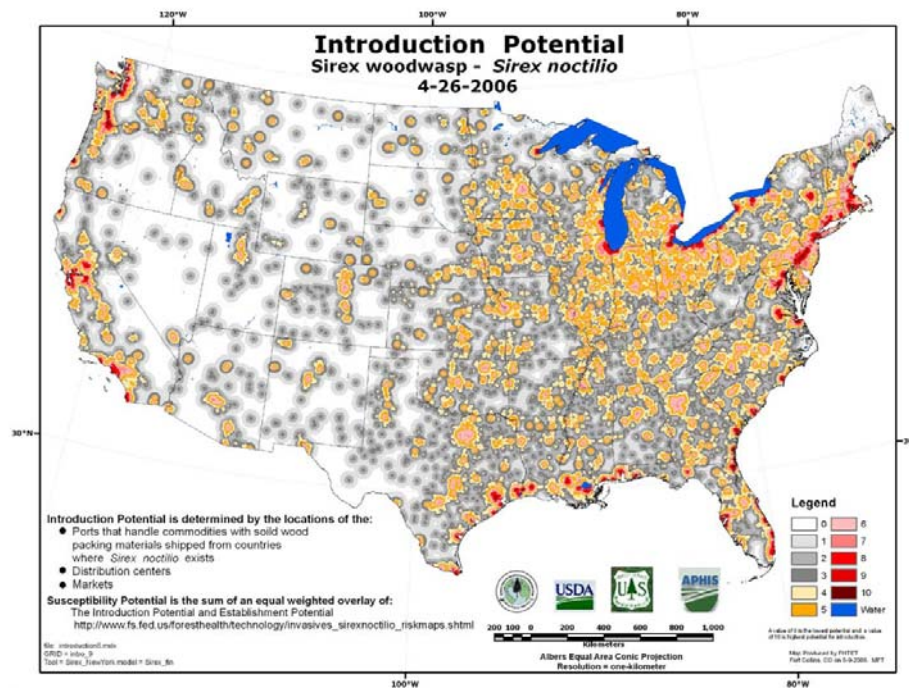
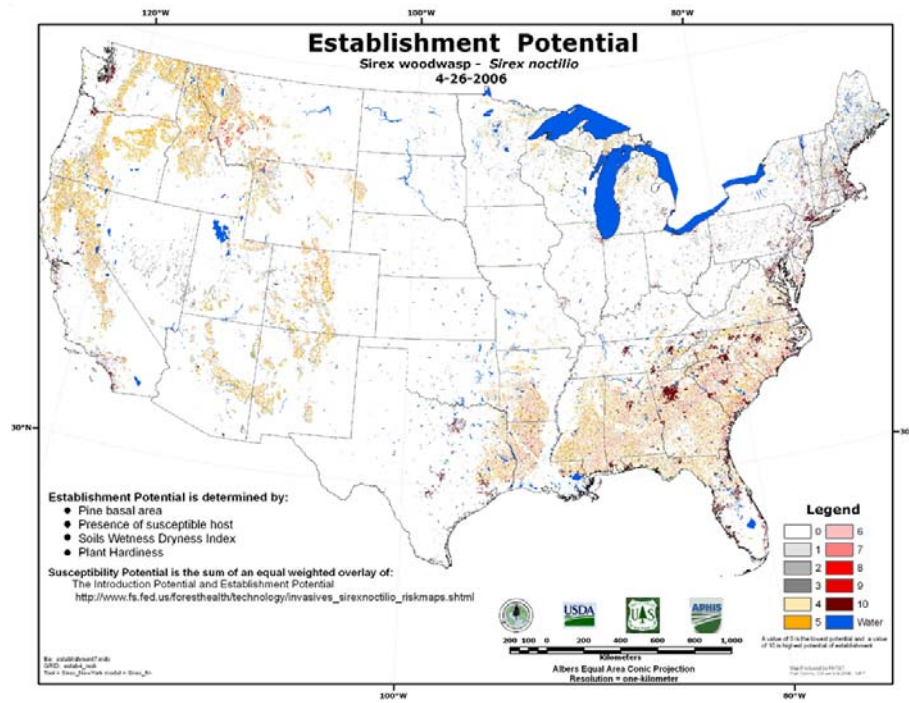


Figure 5.1 Potentiel d'introduction (a) et d'établissement (b) aux É.-U. du sirex européen du pin (Source : USDA FS, 2006c)

Le plan pour la protection des ressources naturelles comprend plusieurs actions en regard des espèces exotiques envahissantes, notamment :

- tenir à jour la liste des espèces exotiques envahissantes reconnues comme menaçantes pour la faune, la flore, les habitats ou les écosystèmes indigènes de l'UE;
- promouvoir l'échange d'information au regard des législations, directives et expériences existantes, notamment au regard des mesures de contrôle et d'éradication des espèces exotiques envahissantes, ou de la prévention de leur introduction;
- mettre au point des directives internationales pour traiter la question des espèces exotiques envahissantes dans le cadre de la CDB (Commission européenne, 1998).

L'UE a par ailleurs ratifié d'autres conventions internationales visant à prévenir, gérer et contrôler les espèces exotiques envahissantes, telles que les accords conclus dans le cadre de l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes et de l'OMC. Relevant de la CIPV, l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP; <http://www.eppo.org/>; consulté le 2 septembre 2008) est l'organisation chargée de la coopération dans le domaine de la protection des végétaux de cette région. Depuis sa création en 1951, l'OEPP est passée de 15 pays membres à 47 pays membres en 2005. L'objectif de l'OEPP est d'aider ses membres à prévenir l'entrée et la propagation des espèces exotiques envahissantes, d'identifier celles qui présentent un risque et de soumettre des propositions relatives à la mise en place de nouvelles mesures phytosanitaires.

Adoptée en 2003, la Stratégie européenne sur les espèces exotiques envahissantes recommande la surveillance de tous les groupes taxonomiques et s'intéresse tout particulièrement aux sites à haut risque tels que les principaux points d'entrée du commerce et des touristes, les points d'entrée des voies de dispersion naturelle, les zones adjacentes aux installations détenant des espèces exotiques en captivité ou en confinement, ainsi que les zones ayant subi de graves perturbations (Genovesi et Shine, 2004).

En matière de communication, le système d'information européen sur les espèces exotiques envahissantes, également appelé Regional Biological Invasions Centre (<http://www.zin.ru/rbic/default.asp>, consulté le 2 septembre 2008), consiste en un portail Web qui regroupe les ressources Internet disponibles sur les invasions biologiques depuis 2001.

Australie et Nouvelle-Zélande

En Australie comme en Nouvelle-Zélande, les industries forestières tiennent un rôle essentiel dans l'économie du pays. En 2005, l'approvisionnement en grumes issues de plantations australiennes approchait les 18 millions de m³, tandis que le volume de bois issu de plantations néo-zélandaises était estimé à 18,9 millions de m³. Compte tenu de ce que la plupart des espèces d'arbres plantés ne sont pas indigènes, les plantations forestières sont exposées aux attaques d'espèces exotiques envahissantes; par ailleurs, les forêts indigènes ne sont pas préparées à lutter contre des organismes exotiques, car elles se sont développées au sein d'environnements écologiques et géographiques naturellement isolés des autres pays (Wylie, 2001). Afin d'en garantir à la fois la productivité et les fonctions écologiques, il est essentiel de veiller à la santé des plantations forestières comme des forêts naturelles.

Australie

En Australie, les principales institutions chargées de traiter la question de l'introduction des espèces exotiques envahissantes dans les écosystèmes forestiers sont l'Australian Quarantine and Inspection Service (AQIS) et le Biosecurity Australia et Plant Biosecurity Australia.

Relevant du Department of Agriculture, Fisheries and Forestry Australia (AFFA, ministère australien de l'Agriculture, de la Pêche et des Forêts), l'AQIS (<http://www.daffa.gov.au/aqis/>; consulté le 3 septembre 2008) procède aux inspections de quarantaines pour les passagers, les cargaisons, le courrier, les animaux, les plantes et tous leurs sous-produits arrivant en Australie en provenance de l'étranger. L'AQIS est également responsable de l'inspection et de la certification des produits agricoles et forestiers exportés à partir de l'Australie. Les contrôles de quarantaines aux frontières de l'Australie visent à réduire le risque que représentent les espèces exotiques envahissantes pour les industries et l'environnement en Australie. C'est à l'AQIS qu'incombe notamment d'organiser les contrôles sécuritaires de quarantaine aux frontières et de délivrer les permis d'importation, ainsi que les certifications sanitaires pour les marchandises à l'exportation.

Biosecurity Australia (<http://www.daff.gov.au/ba>; consulté le 3 septembre 2008), qui est également une composante de l'AFFA, a été créé en octobre 2000 afin de dissocier l'élaboration de la politique en matière de biosécurité des travaux opérationnels de l'AQIS. Biosecurity Australia propose des évaluations de quarantaine et des politiques s'appuyant sur des données scientifiques dans le but de protéger le pays contre les espèces exotiques envahissantes. Cet organisme :

- élabore de nouvelles mesures, notamment sanitaires et biosanitaires, en matière de biosécurité; évalue les mesures existantes au regard de l'importation de plantes et d'animaux vivants, ainsi que de sous-produits animaux et végétaux;
- travaille conjointement avec l'AQIS à la mise en application des mesures de biosécurité;
- entreprend, en collaboration avec des agences de pays étrangers, des négociations en vue d'améliorer l'accès actuel aux marchés et d'ouvrir de nouveaux marchés aux produits animaux et végétaux australiens;
- participe à des événements internationaux ayant trait aux questions de biosécurité;
- travaille sur les questions liées à la biosécurité avec divers organismes nationaux, étatiques et territoriaux.

Relevant de Biosecurity Australia, Plant Biosecurity est une agence chargée spécifiquement des politiques destinées à protéger les industries horticoles et l'environnement naturel australiens contre les espèces exotiques envahissantes. Cette division de Biosecurity Australia est également chargée des espèces exotiques représentant une menace potentielle pour les forêts.

Compte tenu des conséquences potentiellement catastrophiques pour les écosystèmes forestiers et le secteur forestier australiens des invasions d'espèces exotiques, chaque marchandise à l'importation est soumise à une analyse de risque et doit se conformer à la procédure en vigueur pour les produits importés (AFFA, 2003). En matière de communication et de sensibilisation du public, plusieurs organismes australiens se sont associés pour publier un guide pratique sur les ravageurs et les maladies des forêts (AFFA, 2000). Ce guide aborde plusieurs exemples majeurs d'insectes et de maladies exotiques susceptibles d'altérer les

conditions environnementales en Australie. Il s'adresse en particulier aux débardeurs, aux employés des dépôts à conteneurs, aux manutentionnaires de produits du bois, aux bûcherons et au personnel technique forestier. Il propose également une liste des personnes à contacter pour signaler un organisme exotique ou un symptôme de maladie exotique.

La commission australienne permanente sur les questions de foresterie a commandé une évaluation indépendante sur l'importance de l'introduction en Australie de nouvelles espèces exotiques envahissantes, ainsi que l'élaboration d'un plan d'action en vue de leur éradication (Gadgil, 2000a; 2000b). Cette étude a permis d'évaluer en 2000 le plan de gestion des incursions de ravageurs et d'agents pathogènes forestiers en Australie; des recommandations ont été formulées en vue de réduire le risque d'incursions et d'améliorer les possibilités de détection précoce. L'une des recommandations formulées, relative aux procédures de quarantaine, pourrait être utile au Canada : « les inspecteurs de quarantaine devraient pouvoir avoir accès aux avis d'experts au regard des questions de pathologies et d'entomologie forestières » (Gadgil, 2000b). Le rapport préconise, par ailleurs, que le coût des inspections aux frontières destinées à identifier de potentiels insectes et agents pathogènes forestiers soit « partagé par les importateurs, les passagers en provenance de l'étranger, les industries du secteur primaire, notamment la foresterie, ainsi que les gouvernements du Commonwealth et des États. »

Le plan de gestion recommandé s'inspire des mesures existantes de quarantaines avant le passage des frontières, lesquelles visent à exclure les ravageurs et à faciliter une intervention rapide en cas de détection dans le pays d'une espèce de ravageur forestier pouvant représenter une menace sérieuse. Pour se protéger de l'introduction d'espèces exotiques, l'Australie a adopté, comme pièce maîtresse, la mise en quarantaine fondée sur les données scientifiques et l'étude de points d'entrée potentiels. Si l'exclusion définitive de spécimens non indigènes n'est pas envisageable, il est indispensable pour le pays que des mécanismes de réaction faciles à comprendre et parfaitement coordonnés soient en place dans l'éventualité d'une introduction (Gadgil, 2000a).

Nouvelle-Zélande

Biosecurity New Zealand (<http://www.biosecurity.govt.nz/>; consulté le 3 septembre 2008), division du ministère néo-zélandais de l'Agriculture et des Forêts (MAF), gère la prévention des importations d'organismes exotiques indésirables, puis leur contrôle, leur gestion ou leur éradication à leur arrivée.

La Nouvelle-Zélande est particulièrement impliquée dans la prévention de l'établissement d'espèces exotiques forestières envahissantes. L'établissement d'un organisme exotique envahissant pourrait entraîner la dévaluation économique ou le dépérissement des plantations de pins de Monterrey, la réduction de la valeur récréative et d'agrément des forêts indigènes, une perte de biodiversité, des restrictions aux exportations internationales de produits forestiers et une augmentation des coûts économiques, environnementaux et sociaux.

Biosecurity New Zealand gère le risque d'introduction d'espèces exotiques envahissantes liée aux importations de véhicules d'occasion, aux marchandises importées par conteneurs et par fret aérien. L'organisme prend également en charge la mise à jour des normes sanitaires d'importation de produits forestiers, de graines et de produits de pépinière, de façon à faire face à la menace qu'incarnent les ravageurs et les maladies des forêts et à s'assurer que les mesures de quarantaine dans le domaine de la foresterie se conforment à la CIPV et aux mesures SPS adoptées par l'OMC.

L'accroissement en volume des échanges commerciaux et des voyages exerce une pression supplémentaire sur les systèmes de biosécurité néo-zélandais. Tous les produits du bois

importés sont inspectés dès leur arrivée. Certaines expéditions commerciales de produits du bois doivent faire l'objet de traitements préalablement à leur entrée en Nouvelle-Zélande. Toute marchandise traitée à l'étranger doit être accompagnée d'un certificat qui confirme le type et la méthode de traitement utilisés. Les autres marchandises importées peuvent également faire l'objet d'analyses de risque en tant que vecteurs potentiels de ravageurs ou en tant que produits importés (Biosecurity NZ, 2003a).

L'essentiel du financement de l'inspection des marchandises visant à éliminer tout risque pour les forêts est pris en charge par les importateurs eux-mêmes. Les coûts associés à l'inspection frontalière des marchandises à l'exportation et à l'importation se répartissent en différentes catégories :

- inspection des documents, identification des organismes et déchargement des marchandises;
- surveillance, vérification et inspection des conteneurs d'expédition, inspection des navires au large;
- inspection des bagages ou effets personnels non réclamés;
- inspection des véhicules, ainsi que des pièces de véhicules, des pneus et des équipements industriels;
- inspection des animaux et des matières animales;
- inspection des végétaux (sauf produits forestiers);
- inspection des produits forestiers, y compris bois de sciage, grumes et bois rond;
- traitement, destruction ou élimination des marchandises à risque;
- permis délivrés conformément aux normes sanitaires;
- installations de transition et de confinement;
- autres coûts conditionnels, notamment frais de déplacement et temps d'attente (Biosecurity NZ, 2003b; 2003c).

Les programmes néo-zélandais de détection précoce et de surveillance sont financés conjointement par le ministère de l'Agriculture et des Forêts, le ministère de la Conservation et la Forest Owners Association (association des propriétaires forestiers). C'est au ministère néo-zélandais de l'Agriculture et des Forêts qu'incombe la surveillance des zones portuaires et des sites à haut risque. L'association des propriétaires forestiers néo-zélandais finance les relevés visant à détecter les nouvelles incursions dans les plantations forestières. Des programmes de surveillance sont financés par les industriels eux-mêmes, notamment des relevés au sol et aériens des forêts commerciales de bois exotiques et indigènes, des pépinières et vergers à graines forestiers. Le ministère néo-zélandais de la Conservation finance par ailleurs des relevés limités sur les territoires protégés.

6. Mesures recommandées dans la lutte contre les espèces exotiques envahissantes

Dans de nombreux pays, les mesures actuelles de traitement des invasions d'espèces exotiques s'avèrent efficaces dans certains cas, mais ne réussissent pas à régler le problème dans son ensemble. Ces échecs sur le plan international, régional et national sont dus à l'insuffisance de l'application de la réglementation, au financement inadéquat de la recherche et de la gestion, à un manque de collaboration et aux carences en matière de connaissances scientifiques et de sensibilisation du public (Simberloff et collab., 2005).

Le Canada est particulièrement vulnérable aux invasions d'espèces exotiques nouvellement introduites ou déjà établies. Plusieurs mesures sont recommandées afin de rehausser la protection du secteur et des écosystèmes forestiers du Canada contre des dommages futurs potentiels causés par des espèces exotiques envahissantes.

Besoins en matière de recherche et d'application de la réglementation

Les recherches et l'expérience montrent qu'il est techniquement possible d'identifier les introductions délibérées et accidentelles de nouveaux organismes exotiques envahissants dans le pays. En effet, investir dans la recherche, la prévention, la détection, ainsi que l'éradication et la restauration précoce d'écosystèmes affectés par des espèces exotiques envahissantes permettent de minimiser la fréquence et le coût des infestations (Simberloff et collab., 2005; Berenbaum, 2001). La mise en œuvre de programmes complets nécessite toutefois un financement important.

Les programmes de surveillance de l'ACIA visant à détecter d'éventuelles espèces exotiques permettent actuellement d'inspecter uniquement une part infime des marchandises importées au Canada (Collauti et collab., 2006; Perrault et collab., 2003). L'agence entreprend également des analyses des risques liés aux ravageurs exotiques dont la valeur dépend grandement de la qualité des données écologiques relatives aux espèces de ravageurs ciblées et à leur importance du point de vue de l'économie. Néanmoins, l'obtention des données nécessaires est coûteuse et prend du temps, comme l'indique le coût élevé de plusieurs études d'évaluation des risques liés à des ravageurs menées par l'USDA sur des importations de bois brut (Wallner, 2004). En l'absence de ressources supplémentaires, la mise en œuvre efficace de la stratégie canadienne de lutte contre les espèces exotiques envahissantes risque de s'avérer difficile.

Il n'est pas aisé de suggérer quel investissement pourrait être considéré comme approprié en matière de recherche, de prévention des introductions et de contrôle des espèces exotiques envahissantes établies au Canada. Une telle proposition nécessiterait une analyse impliquant l'utilisation de modèles économiques complexes afin d'estimer l'efficacité d'un investissement donné (Colautti et collab., 2006). Des études néo-zélandaises ont montré qu'une réduction, même très faible, du taux d'établissement de nouveaux organismes exotiques forestiers pouvait avoir des répercussions économiques très favorables (Turner et collab., 2004; Kriticos et collab., 2005), compte tenu du coût extrêmement élevé de la gestion des espèces exotiques envahissantes dans les forêts (cas 2.7) : selon une analyse des retours sur investissements relatifs à l'amélioration des mesures de biosécurité à la frontière, un investissement de 25 millions de dollars néo-zélandais dans ce domaine pourrait engendrer, sur 12 ans, une économie indirecte de 87 millions de dollars néo-zélandais pour le pays (Kriticos et collab., 2005). Ces études néo-zélandaises ont procédé à l'analyse des coûts et bénéfices générés par l'amélioration de ces mesures de biosécurité; aucune étude n'a encore été publiée pour tenter de déterminer un investissement optimal dans de telles mesures.

Prévention et contrôle : le juste équilibre coût-efficacité

Souvent, les introductions délibérées sont motivées par une perspective de gain financier au profit de celui qui est à l'origine de l'importation de l'espèce ou de la marchandise en cause. Compte tenu des conséquences potentielles extrêmement graves pour la société dans son ensemble sur le plan socioéconomique et environnemental, une analyse coûts-avantages adéquate est recommandée pour chacune des importations envisagées. Les coûts doivent être estimés à l'aune des avantages à tirer des mesures de prévention et de contrôle. Différents coûts sont à prendre en considération :

- coûts de l'évaluation du risque et de l'analyse coûts-avantages à proprement parler;
- coûts d'inspection et de contrôle, y compris les salaires et la formation des membres du personnel, ainsi que les installations de traitement et de quarantaine. Wallner (2004) a fait état du coût élevé de plusieurs études d'évaluation des risques liés à des ravageurs menées par l'USDA sur des importations de bois brut aux États-Unis;
- perte de surplus des importateurs + perte de surplus des consommateurs.

Les derniers coûts, indirects, à prendre en compte proviennent des perturbations des échanges commerciaux imputables aux inspections en place avant la frontière, à la frontière ou après la frontière. Avantages potentiels de la mise en place de mesures de gestion :

- permet d'éviter la perte de bois d'œuvre et autres produits du bois (bénéfices tirés des ressources);
- permet d'éviter la perte de surplus des producteurs du secteur de la transformation du bois;
- permet d'éviter la perte d'aménagements environnementaux en matière de loisirs, de panoramas, de chasse et de qualité de l'eau;
- permet d'éviter les coûts associés à la restauration des écosystèmes endommagés;
- permet d'éviter les coûts liés à la gestion des ravageurs.

Les analyses coûts-bénéfices pourraient également contribuer à donner du poids aux décisions concernant l'allocation des faibles aides accordées aux options de gestion de la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. On pourrait utiliser cette technique pour classer les retours potentiels sur les investissements dans la recherche, la prévention, la surveillance et le contrôle. Compte tenu de la faiblesse des ressources, il est parfois difficile d'assurer l'allocation de ressources en faveur de contrôles précoces et efficaces. Ce défi souligne la nécessité, concernant les futurs efforts de lutte contre les espèces exotiques envahissantes, de bien faire passer le message de la rentabilité de la prévention par rapport à l'éradication.

Collaboration et partage de l'information

L'ampleur de la question des espèces exotiques envahissantes est telle qu'il est impossible de lui apporter une réponse appropriée, à moins que les groupes et pays impliqués travaillent ensemble à la définition de solutions communes. Les espèces exotiques envahissantes peuvent certes poser des problèmes simultanément à différents secteurs et différentes aires géographiques d'un même pays; cependant, comme elles ne connaissent pas la notion de frontière, les espèces exotiques doivent impérativement être gérées simultanément aux niveaux local, national, régional et international. Au Canada et aux États-Unis, si les services nationaux des forêts collaborent

étroitement avec les organismes de réglementation phytosanitaires, le secteur forestier devrait davantage s'impliquer dans la mise en œuvre de mesures de prévention, notamment de processus d'analyse des risques. De plus, la question des espèces exotiques envahissantes ne devrait pas être de la seule responsabilité des services des forêts et des organismes de réglementation phytosanitaire : d'autres organismes gouvernementaux devraient être impliqués, notamment ceux qui touchent au commerce et au transport (Perrault et collab., 2003).

Dans un certain nombre de pays, dont le Canada, différents organismes gouvernementaux ont collaboré afin d'élaborer des stratégies nationales et des plans d'action destinés à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes. De plus, de nombreux groupes, gouvernementaux ou non, sont partie prenante à des projets de surveillance et de contrôle des espèces exotiques envahissantes. Afin d'éviter le morcellement des efforts, il est essentiel que les projets gouvernementaux et non gouvernementaux de tous les secteurs collaborent et partagent l'information existante. Ainsi, une collaboration accrue des universités et des organismes gouvernementaux sur cette question pourrait permettre d'obtenir des résultats encore plus significatifs et mérite d'être explorée.

La question des espèces exotiques envahissantes est connue pour les incertitudes qui l'entourent et pour le manque de données fiables dans ce domaine. La collecte de données coordonnées requiert davantage de moyens financiers; le retour sur investissement consisterait en une réduction des incertitudes relatives aux introductions d'espèces exotiques envahissantes et une diminution de leur propagation. Par ailleurs, le partage des données permettrait d'accroître la quantité de données disponibles et de réduire les coûts associés à la collecte de données.

La nécessité impérieuse de partage des données implique l'utilisation de bases de données mondiales pour la surveillance des espèces envahissantes. Ces bases de données mondiales pourraient intégrer un système d'alerte rapide en cas de problème potentiel avec des espèces envahissantes. Pour qu'elles soient efficaces, ces bases de données requerraient une coordination opportune, ainsi que la diffusion de l'information concernant les menaces existantes et la façon appropriée d'y réagir; elles devraient, en outre, intégrer les résultats des analyses de risque pour chaque espèce ou voie d'introduction suspectée.

Utilisation des modèles et protocoles d'évaluation du risque existants

Plusieurs pays ont élaboré, mis à l'essai, évalué et appliqué des modèles d'aide à la prise de décision ou des protocoles d'évaluation du risque en vue de gérer les problèmes liés à certaines espèces exotiques envahissantes. Le Canada pourrait, par exemple, adapter certains outils ayant démontré un rapport coûts-avantages intéressant dans des pays faisant face à des problèmes similaires avec certaines espèces exotiques envahissantes. Ainsi, le protocole d'évaluation du risque de mauvaises herbes Australian–New Zealand Weed Risk Assessment a été adapté et évalué en vue de son utilisation à Hawaii (Denslow et Daehler, 2004). Le protocole original visait à sélectionner des végétaux à l'importation en Australie et en Nouvelle-Zélande; Hawaii n'avait pas besoin d'évaluer les végétaux à l'importation, mais d'un moyen d'évaluer les végétaux exotiques déjà présents sur le territoire de l'État. L'État d'Hawaii a donc adapté le protocole de façon à être en mesure d'évaluer les plantes préalablement introduites, utilisées en aménagement paysager et en foresterie, et d'envisager la probabilité que la présence de ces végétaux ait un impact négatif sur l'écologie ou sur l'économie.

La nouvelle application de BioSIM constitue un bon exemple de l'adaptation d'outils existants en vue de prévoir la répartition géographique d'espèces et de maladies exotiques forestières potentiellement envahissantes au Canada (Régnière, 2003). Conçu par le Centre de foresterie des Laurentides, rattaché au Service canadien des forêts, le logiciel BioSIM a été utilisé pour estimer le potentiel d'envahissement de la spongieuse à l'ouest de l'Ontario, compte tenu de

ce que certaines régions du pays semblent plus exposées que d'autres à la spongieuse et nécessitent une réglementation spécifique (Régnière et collab., sous presse).

Mesures fondées sur les listes d'espèces : liste blanche ou liste noire?

En dépit du regain d'attention apporté aux espèces exotiques envahissantes, de nombreux pays, tels que le Canada, privilégient les mesures de prévention ciblant des espèces identifiées comme des ravageurs dans leur pays ou ailleurs, en d'autres termes inscrites sur la liste noire des espèces. L'utilisation de la liste noire déclenche un processus d'analyse du risque contre l'introduction ou la propagation d'une espèce exotique déjà considérée comme envahissante dans une autre région. Cette démarche plutôt conservatrice laisse le champ libre à de nombreux organismes en mesure d'entrer sur un territoire sans être détectés.

L'Australie et la Nouvelle-Zélande ont adopté une stratégie législative différente, qui consiste à aborder la question en se préoccupant des espèces inscrites sur une liste blanche, soit des espèces connues pour ne pas être envahissantes et détentrices d'un permis d'importation spécifique. Les inspections devraient se fonder sur une liste de toutes les espèces considérées comme une menace potentielle pour les forêts et le secteur forestier. Cette démarche est souvent appelée « présumé coupable jusqu'à preuve du contraire » (Cambell, 2001). Chaque espèce exotique ou marchandise à l'importation est évaluée par une analyse de risque, avant d'être ajoutée soit à la liste noire, soit à la liste blanche selon l'issue de son évaluation. La liste blanche comprend les espèces dont l'analyse de risque a autorisé l'introduction; ces espèces doivent néanmoins être réévaluées régulièrement.

Bien que ce principe du « présumé coupable jusqu'à preuve du contraire » soit judicieux d'un point de vue scientifique, il pose de nombreux problèmes aux organismes de réglementation, pour ce qui est de son coût comme de sa faisabilité.

Sensibilisation du public

Au Canada, nombreux sont ceux qui ignorent tout des espèces exotiques envahissantes et des conséquences potentielles de leur présence, qui ne sont pas attentifs aux signes révélateurs d'espèces exotiques envahissantes et qui sont parfois responsables de leur introduction, délibérée ou accidentelle. Dès lors, la sensibilisation du public est une composante majeure de toute stratégie de prévention et de contrôle. À long terme, informer les gens sur la façon dont ils pourraient contribuer à réduire les menaces émanant des espèces exotiques envahissantes pourrait se révéler plus rentable que de faire appliquer les réglementations existantes.

Des publications et des programmes éducatifs et de sensibilisation variés seront nécessaires pour aider les Canadiens à prendre conscience de ce problème. En toute vraisemblance, cette conscience permettra à tout un chacun de prendre de meilleures décisions en matière de prévention et de gestion de cette question (Claudi et collab., 2002). Bien qu'il soit indispensable que les organismes gouvernementaux jouent un rôle majeur dans l'élaboration et le soutien de programmes de sensibilisation du public, seul le public - individus, entreprises, organisations non gouvernementales et organismes de conservation - peut par ses actes, minimiser la propagation d'espèces exotiques. Comme au regard d'autres recommandations, la sensibilisation du public appelle un financement sur le long terme, de la main-d'œuvre et une infrastructure adéquate, autant de défis financiers qu'il convient de relever.

Bibliographie

- ACIA (Agence canadienne d'inspection des aliments). 2004. CFIA and BCLNA conducting recall of Camellia plants in British Columbia, ACIA, Ottawa. Consulté le 26 juillet 2006. <<http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/protect/pestrava/sodmsc/sodmsc.shtml>>.
- ACIA. Brown Spruce Longhorn Beetle (*Tetropium fuscum*). 2003. Consulté le 26 juillet 2006. <<http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/pestrava/tetfus/bslbfse.shtml>>
- AFFA (Agriculture, Fisheries and Forestry Australia). 2000. Forests and Timber: A Field Guide to Exotic pests and Diseases, Commonwealth Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia. Canberra, Australie. 68 p. Consulté le 26 juillet 2006. <http://www.daff.gov.au/corporate_docs/publications/pdf/quarantine/border/foresttimber1.pdf>.
- AFFA (Agriculture, Fisheries and Forestry Australia). 2003. Import risk analysis handbook, Commonwealth Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Australia. Canberra, Australie. 47 p.
- ALENA (Secrétariat de l'Accord de libre-échange nord-américain). 2003. Accord de libre-échange nord-américain, Chapitre 7, Partie II. Consulté le 20 février 2008. <http://www.nafta-sec-alena.org/DefaultSite/index_f.aspx?ArticleID=325>
- Allen, E.A. 2001. Solid wood packing material as a pathway for non-indigenous species, Risk of the Exotic Forest Pests and Their Impact on Trade. Atelier international sur les moyens de réduire les déplacements des ravageurs forestiers tout en nuisant le moins possible aux échanges commerciaux. 16 au 29 avril 2001. Consulté le 27 juillet 2006. <<http://www.apsnet.org/online/proceedings/ExoticPest/Papers/allen.html>>.
- Allen, E.A.; Humble, L.M. 2002. Non indigenous species introductions: a threat to Canada's forests and forest economy. *Can. J. Plant Pathol.* 24:103–110.
- Berenbaum, M. 2001. Invasion USA: Non native species are an immediate threat. Institute of Government and Public Affairs, and the Environmental Council, University of Illinois. *Policy Forum: On the Environment* 14(2):1–5.
- BioNet. 1999. BioNET-INTERNATIONAL. Consulté le 26 juin 2006. <<http://www.bionet-intl.org/>>.
- Biosecurity New Zealand (NZ). 2003a. The Biosecurity Strategy for New Zealand. Consulté le 26 juillet 2006. <<http://www.biosecurity.govt.nz/bio-strategy/biostrategy.htm>>.
- Biosecurity New Zealand (NZ). 2003b. Inspection Fees. Consulté le 26 juillet 2006. <<http://gpacts.knowledge-basket.co.nz/regs/regs/text/2003/2003077.txt>>.
- Biosecurity New Zealand (NZ). 2003c. Biosecurity (Costs) Regulations 2003 Schedule 1. NZ MAF. Consulté le 15 juin 2006. <<http://www.biosecurity.govt.nz/commercial-imports/forestry-imports/fees>>.
- Britton, K.O.; Sun, J.-H. 2002. Unwelcome guests: exotic forest pests. *Ada Enlornologica Sinica* 45(1):121–130.

-
- Cambell, F.T. 2001. The Science of Risk Assessment for Phytosanitary Regulation and the Impact of Changing Trade Regulations. *BioScience* 51(2):148–153.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2000. Cartagena Protocol on Biosafety. Consulté le 10 juillet 2006. <<http://www.biodiv.org/biosafety/protocol.asp>>.
- Chouinard, A.; Filion, L. 2005. Impact of introduced white-tailed deer and native insect defoliators on the density and growth of conifer saplings on Anticosti Island, Québec. *Écoscience* 12(4):506–518.
- Claudi, R.; Nantel, P.; Muckle-Jeffs (éd.). 2002. Alien invaders in Canada's waters, wetlands, and forests. *Ressour. nat. Can., Serv. can. For., Admin. centrale, Ottawa (Ont.)* 320 p.
- Clinton, W.J. 1999. Décret-loi 13112 du 3 février 1999. Espèces envahissantes. Lundi 8 février 1999 / Documents présidentiels. *Fed. Regist.* 64(25):6183-6186.
- Cock, M.J.W. 2003. Biosecurity and forests: an introduction with particular emphasis on forest pests. Forest Resources Development Service Working Paper FBS/2E, Forest Health and Biosecurity Working Papers, Forest Resources Division FAO, Rome, Italie. 61 p.
- Colautti, R.; Bailey, S.A.; van Overdijk, C.D.A.; Amundsen, K.; MacIsaac, H.J. 2006. Characterized and projected costs of non indigenous species in Canada. *Biological Invasions* 8:45–59.
- Commission européenne. 1998. European Community Biodiversity Strategy. Consulté le 17 juillet 2006. <<http://ec.europa.eu/environment/docum/9842sm.htm>>
- Cousens, R.; Mortimer, M. 1995. Dynamics of weed populations, Cambridge University Press, Cambridge, R.-U. 332 p.
- Denslow, J.S.; Daehler, C. 2004. Evaluation of Exotic Plants in Hawaii: Where we are. Where we could go. Consulté le 15 juin 2006. <<http://www.hear.org/wra/hpwra/evalofexplihi.htm>>.
- di Castri, F. 1989. History of biological invasions with emphasis on the Old World. Pages 1–3 *in* : Drake, J.; di Castri, F.; Groves, R.; Kruger, F.; Mooney, H.A.; Rejmanek, M.; Williamson, M. (éd.). *Biological Invasions: A Global Perspective*, SCOPE 37. Wiley, New York, É.-U.
- Duncan, R.W. 2006. Conifer defoliators of British Columbia, *Ressour. nat. Can., Serv. can. For., Cent. for. Pacifique, Victoria, C.-B.* 359 p.
- Dwinell, L.D.; Nickle, W.R. 1989. An overview of the pine wood nematode ban in North America, *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep.* SE-55.
- Environnement Canada. 2004. An invasive alien species strategy for Canada. Consulté le 10 juillet 2006. <http://www.cbin.ec.gc.ca/issues/ias/documents/Final_IAS_Strategic_Plan_smaller_e.pdf>.

-
- Environnement Canada. 1994. Canadian Biodiversity Strategy. Canada's Response to the Convention on Biological Diversity. Consulté le 10 juillet 2006. <http://www.eman-rese.ca/eman/reports/publications/rt_biostrat/intro.html>.
- Exotic Forest Pest Information system for North America, version 1.1 (ExFor). 2006. Consulté le 17 juillet 2006. <<http://spfnic.fs.fed.us/exfor/>>.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). 2004. International standards for phytosanitary measures. Pest risk analysis for quarantine pests, including analysis of environmental risk and living modified organisms. ISPM Pub. No.11, Rome. Italie. 138 p.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).2001. Biosecurity in food and agriculture, COAG (Committee on Agriculture) Sixteenth Session, 26–30 mars 2001, Rome. Consulté le 17 juillet. <<http://www.fao.org/docrep/meeting/003/x9181e.htm>>.
- Gadgil, P. 2000a. A Generic Incursion Management Plan for the Australian Forest. Commandé et publié par le Forest Health Committee pour le Standing Committee on Forestry, mai 2000, Canberra, Australie. 26 p.
- Gadgil, P. 2000b. A Preparatory Report Current Arrangements for Management of Incursions of Exotic Pathogens and Invertebrate Pests Affecting Australian Commercial, Conservation and Amenity Forests and Forest Products. Commandé et publié par le Forest Health Committee pour le Standing Committee on Forestry, mai 2000, Canberra, Australie. 39 p.
- Genovesi, P.; Shine, C. 2004. European Strategy on Invasive Alien Species. Nature and Environment 137, Éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg. 67 p.
- Gottschalk, K.W. 1990. Economic evaluation of gypsy moth damage in the U.S. of America. Pages 236–246 in Proceedings of Division 4, IUFRO 19th World Congress, Canadian IUFRO World Congress Organizing Committee, Montréal, Can.
- Harrison, K.J.; Hurley, J.E. 2001. Butternut Canker. Serv. can. for., Cent. for. Atlantique, Fredericton, N.-B., Can. Pest Notes No.2. 2 p.
- Harrison, K.J.; Hurley, J.E.; Ostry, M.E. 1998. First report of butternut canker caused by *Sirococcus clavignenti-juglandacearum* in New Brunswick, Canada. Plant Disease 82:1282.
- Heywood, V.H. 1989. Patterns, extents, and modes of invasions by terrestrial plants. Pages 31-60 in Drake, J.; di Castri, F.; Groves, R.; Kruger, F.; Mooney, H.A.; Rejmanek, M.; Williamson, M. (éd.). Biological Invasions: A Global Perspective, SCOPE 37, Wiley, New York, É.-U.
- Hobbs, R.J. 2000. Land-use changes and invasions. Pages 55–64 in Mooney, H.A.; Hobbs, R.J. (éd.). Invasive Species in a Changing World. Island Press, Washington, D.C.
- Hubbes, M. 1999. The American elm and Dutch elm disease. For. Chron. 75(2):265–275.

-
- Humble, L.A.; Allen, E.A.; Bell, J.D. 1999. Exotic wood-boring beetles in British Columbia: Interceptions and establishments. *Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Victoria, C.-B.* Consulté le 27 juin 2006. <<http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/biodiversity/exotics/>>.
- Industrie Canada. 2006. Le site canadien des entreprises et des consommateurs : Données sur le commerce en direct. Consulté le 25 septembre 2006. <<http://www.ic.gc.ca/epic/site/tdo-dcd.nsf/fr/accueil>>.
- Krcmar-Nozic, E.; Wilson, B.; Arthur, L. 2000a. The potential impacts of exotic forest pests in North America: a synthesis of research. *Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Cent. for. Pacifique, Victoria, C.-B. Inf. Rep. BC-X-387.* 33 p.
- Krcmar-Nozic, E.; van Kooten, G.C.; Wilson, B. 2000b. Threat to biodiversity: the invasion of exotic species . Pages 68–87 *in* *Conserving nature's diversity: insights from biology, ethics and economics*, van Kooten, G.C.; Bulte, E.H.; Sinclair, A.E.R. (éd.), Ashgate Publishing, Aldershot, R.-U.
- Kreith, M.; Golino, D. 2003. Regulatory framework and institutional players. Pages 19–38 *in* Summer, D.A. (éd.), *Exotic pests and diseases: Biology and economics for biosecurity*, Iowa State Press, Ames, Iowa.
- Kriticos, D.J.; Phillips, C.B.; Suckling, D.M. 2005. Improving border biosecurity: potential economic benefits to New Zealand. *New Zealand Plant Protection* 58:1-6.
- Liebholt, A.M.; MacDonald, W.L.; Bergdahl, D.; Mastro, V.C. Invasion of exotic forest pests: a threat to forest ecosystems. *For. Science Monograph* 30, 49 p.
- Loope, L.L.; Howarth, F.G. 2003. Globalization and pest invasion: Where will we be in five years? Pages 34–39 *in* 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, É.-U., 14–18 janvier 2002, USDA For. Serv., FHTET-03-05. 38.
- MacDonald, I.A.W.; Loope, L.L.; Usher, M.B.; Hamann, O. 1989. Wildlife conservation and the invasion of nature reserves by introduced species: A global perspective. Pages 215–255 *in* Drake, J.; di Castri, F.; Groves, R.; Kruger, F.; Mooney, H.A.; Rejmanek, M.; Williamson, M. (éd.). *Biological Invasions: A Global Perspective*, SCOPE 37. Wiley, New York, É.-U.
- Mack, R.N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W.F.; Evans, H.; Clout, M.; Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10(3):689–710.
- Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 2004. Alien Species in British Columbia. Consulté le 26 juillet 2006. <http://www.env.gov.bc.ca/wld/aliensp/alien_ecohuman.html>.
- Mooney, H.A.; Hobbs, R.J. (éd.). 2000. *Invasive Species in a Changing World*, Island Press. Washington, D.C. 480 p.
- Morin, R.S.; Liebholt, A.M.; Luzader, E.R.; Lister, A.J.; Gottschalk, K.W.; Twardus, D.B. 2005. Mapping Host-Species Abundance of Three Major Exotic Forest Pests. U.S. Dep. Agric. For. Serv., Northeastern Res. Stat. Res. Paper NE-726. 11 p.

-
- Nealis, V.G.; Erb, S. A sourcebook for management of gypsy moth. For. Can., Région Ontario, Cent. for. Grands Lacs, Sault Ste. Marie, Ontario. 48 p.
- Niemela, P.; Mattson, W.J. 1996. Invasion of North American forests by European phytophagous insects. *BioScience* 46(10):741–753.
- OMC (Organisation mondiale du commerce). 2006. WTO statistics database. Consulté le 25 septembre 2006. <<http://stat.wto.org/>>.
- Organisation européenne pour la protection des plantes (OEPP). 2005. Data sheets on quarantine pests: *Rhizoecus hibisci*, *Bulletin OEPP/EPPO* 35(3):365-367.
- Orwig, D.A. 2002. Ecosystem to regional impacts of introduced pests and pathogens: historical context, questions and issues. *J. Biogeography* 29:1471-1474.
- Ostry, M.E. 2001. Hazards Associated with Pest Pathways and Economic Impacts: Seeds, Propagative Materials and Nursery Stock, Risk of the Exotic Forest Pests and Their Impact on Trade. An international online workshop to reduce movement of forest pests with a minimal impact on trade, 16–29 avril 2001. Consulté le 27 juillet 2006. <<http://www.apsnet.org/online/proceedings/ExoticPest/Papers/Ostry.htm>>.
- OTA (Office of Technology Assessment). 1993. Harmful non-indigenous species in the U.S. OTA-F-565, U.S. Congress. Office of Technology Assessment, Washington, DC. 409 p.
- Parker, I.M.; Simberloff, D.; Lonsdale, W.M.; Goodell, K.; Wonham, M.; Kareiva, P.M.; Williamson, M.H.; Von Holle, B.; Moyle, P.B.; Byers, J.E.; Goldwasser, L. 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions* 1:3–19.
- Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources. 2005. Introduction to the Problem of Invasive Exotic Plant Species. Consulté le 12 octobre 2006. <<http://www.dcnr.state.pa.us/forestry/invasivetutorial/problem.htm>>.
- Perrault, A.; Bennett, M.; Burgiel, S.; Delach, A.; Muffett, C. 2003. Invasive Species, Agriculture and Trade: Case Studies from the NAFTA Context. Discussion paper for the Second North American Symposium on Assessing the Environmental Effects of Trade (Mexico, 25–26 mars 2003). Préparé conjointement par le Center for International Environmental Law et Defenders of Wildlife. 55 p.
- Perrings, C. 2005. Mitigation and adaptation strategies for the control of biological invasions. *Ecological Economics* 52(3):315–325.
- Perrings, C.; Williamson, M.; Barbier, E.B.; Delfino, D.; Dalmazzone, S.; Shogren, J.; Simmons, P.; Watkinson, A. 2002. Biological invasion risks and the public good: an economic perspective. *Conservation Ecology* 6(1):1. Consulté le 27 juillet 2006 <<http://www.consecol.org/vol6/iss1/art1>>.
- Prasad, R. 2000. Some Aspects of the Impact and Management of the Exotic Weed, Scotch Broom (*Cytisus scoparius* [L.] Link) in British Columbia, Canada. *J. Sustainable For.* 10(3-4):341–347.
-

-
- Prior, R.N.B. 1974. Three Japanese aphids introduced to Britain on imported 'Bonsai' trees. *Plant Pathol.* 23(1):48.
- Raybould, A.F.; Gray, A.J. 1993. Genetically modified crops and hybridization with wild relatives: a UK perspective. *J. Applied Ecology* 30:199-219.
- Régnière, J. 2003. BioSim: optimiser la lutte antiparasitaire en forêt. *Ressour. nat. Can., Serv. can. for., Cent. for. Laurentides. L'Éclaircie*, n° 3. 2 p.
- Régnière, J.; Nealis, V; Porter, K. 2009. Climate Suitability and Management of the Gypsy Moth Invasion into Canada. *Biological Invasions* 11:135-148.
- Reinhardt, F.; Herle, M.; Bastiansen, F.; Streit, B. 2003. Economic Impact of the Spread of Alien Species in Germany, R+D Project 201 86 211 (UFOPLAN), J.W. Goethe University, Francfort. 193 p.
- Reinhart, K.O.; Packer, A.; Van der Putten, W.H.; Clay, K. 2003. Plant–soil biota interactions and spatial distribution of black cherry in its native and invasive ranges. *Ecology Letters* 6:1046–1050.
- RNT Consulting Inc. 2002. Environmental and Economic Costs of Alien Invasive Species in Canada. RNT Consulting Inc., Picton, Ontario. 41 p.
- Roques, A. 2001. Pests Associated with Seeds, Propagative Materials and Nursery Stocks. Risk of the Exotic Forest Pests and Their Impact on Trade. An international online workshop to reduce movement of forest pests with a minimal impact on trade, 16–29 avril 2001. Consulté le 27 juillet 2006.
<<http://www.apsnet.org/online/proceedings/ExoticPest/Papers/roques.htm>>.
- Service canadien de la faune. 2003. Issues and Topics: Invasive Alien Species in Canada. Environnement Canada, Hinterland Who's Who. 7 p. Consulté le 24 novembre 2006.
<<http://www.hww.ca/hww2.asp?id=220>>
- Simberloff, D.; Parker, I.M.; Windle, P.N. 2005. Introduced species policy, management, and future research needs. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3(1):12–20.
- Smith, G.; Hurley, J.E. 2000. First North American Record of the PalaeoArctic Species *Tetropium fuscum* (Fabr.) (Coleoptera: Cerambycidae). *The Coleopterists Bulletin* 54:540.
- Smith, J.F. 2003. International trade agreements and sanitary and phytosanitary measures. Pages 39–54 in Sumner, D.A. (ed.). *Exotic pests and diseases: Biology and economics for biosecurity*. Iowa State Press, Ames, Iowa.
- Starfinger, U.; Kowarik, I.; Rode, M.; Schepker, H. 2003. From desirable ornamental plant to pest to accepted addition to the flora: the perception of an alien tree species through the centuries. *Biological Invasions* 5(4):323–335.
- Thomas, M.C. 2004. Citrus Longhorned Beetle (CLB), *Anoplophora chinensis* (Forester). FDACS-DPI Pest Alert. Consulté le 27 juillet 2006.
<<http://www.doacs.state.fl.us/pi/enpp/ento/clbalert.htm>>.
-

-
- Tkacz, B.M. 2000. Pest risk assessment associated with importing wood to the U.S. *Can. J. Plant Pathol.* 24:111–116.
- Tomminen, J. 2000. Case study of Pinewood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). Pages 19–21 in Nummi, P. *Alien Species in Finland*. Ministère de l'Environnement, Helsinki, Finlande. Consulté le 27 juillet 2006.
<<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=34577&lan=FI>>.
- Turner, J.A.; Bulman, L.S.; Richardson, B.; Moore, J.R. 2004. A Cost–Benefit Analysis of Biosecurity and Forest Health Research. *New Zealand J. For. Science* 34(3):324–343.
- USDA Forest Service. 2006a. Invasive Species. Consulté le 27 juillet 2006.
<<http://www.fs.fed.us/invasivespecies/>>.
- USDA Forest Service. 2006b. Invasive Species Program: Invasive Pest Risk Maps. Consulté le 27 juillet 2006. <<http://www.fs.fed.us/invasivespecies/>>.
- USDA Forest Service. 2006c. Invasive Pest Risk Maps Sirex Woodwasp - *Sirex noctilio*. Consulté le 27 juillet 2006.
<http://www.fs.fed.us/foresthealth/technology/invasives_sirexnoctilio_riskmaps.shtml>.
- USDA Forest Service. 2004. National Strategy and Implementation Plan for Invasive Species Management, FS-805 (octobre 2004), Washington, DC: U.S. Dep. Agric., For. Serv.. 17 p. Consulté le 27 juillet 2006.
<http://www.fs.fed.us/foresthealth/publications/Invasive_Species.pdf>.
- USDA Forest Service. 1998. Pest risk assessment of the importation into the U.S. of unprocessed *Pinus* and *Abies* logs from Mexico. U.S. Dep. Agric., For. Serv., Washington, DC. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-104, 116 p.
- USDA Forest Service. 1991. Pest risk assessment of the importation of larch from Siberia and the Soviet Far East. U.S. Dep. Agric., For. Serv., Washington, DC. Miscellaneous Publ. No. 1495, 116 p.
- Wallner, W.E. 2004. Assessing exotic threats to forest resources. Pages 82–95 in Britton, K.O. (éd.). *Biological Pollution: An Emerging Global Menace*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota.
- Wallner, W.E. 1996. Invasive pests (biological pollutants) and U.S. forests: whose problem, who country?. *EPPO Bulletin* 26:167-180.
- Wilcove, D.S.; Rothstein, D.; Dubow, J.; Phillips, A.; Losos, E. 1998. Quantifying Threats to Imperiled Species in the U.S. *BioScience* 48:607-615.
- Williams, P.A.; Timmins, S. 2002. Economic impacts of weeds in New Zealand. Pages 175–184 in Pimentel, D. (éd.). *Biological Invasions: Economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species*, CRC Press, New York.
- Williamson, M. 1996. *Biological invasions*. Chapman and Hall, Londres, R.-U. 244 p.

Wittenberg, R.; Cock, M.J.W. (éd.). 2001. Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. Wallingford, R.-U., CABI Publishing, 228 p.

Wylie, F.R. 2001. The Impact of Exotic Forest Pests in Australia and New Zealand. *In* Risks of the exotic forest Pests and their Impact on Trade. Atelier international en ligne sur les moyens de réduire les déplacements de ravageurs forestiers tout en nuisant le moins possible aux échanges commerciaux. 16 au 29 avril 2001. Consulté le 27 juillet 2006. <<http://www.apsnet.org/online/proceedings/ExoticPest/Papers/wylie.htm>>.

