



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

A close-up photograph of a translucent, yellowish-green larva with small dark spots, crawling on a green pine needle. The larva has a black head and is positioned vertically.

Résumé à l'intention des décideurs de l'évaluation des risques posés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans l'est du Canada

(par J.P. Brandt, K.B. Porter,
B.J. Cooke, T.A. Scarr)

A close-up photograph of an adult moth with brown and black mottled wings, resting on a green pine needle. The moth's long antennae are visible.

Canada



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Résumé à l'intention des décideurs de l'évaluation des risques posés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans l'est du Canada

(par J.P. Brandt, K.B. Porter, B.J.
Cooke, T.A. Scarr)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2026

No de cat. :Fo4-264/2025-1F-PDF
ISBN 978-0-660-77580-7

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
580, rue Booth
Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Une version électronique de ce rapport est disponible à partir du Dépôt ouvert des sciences et technologie (DOST) de RNCan : <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca>

This publication is available in English under the title: Executive Summary for Policy Makers on an Assessment of Risks Posed by Spruce Budworm (*Choristoneura fumiferana*) in Eastern Canada

Crédits photographiques : première page, Ressources naturelles Canada.

ATS : 613-996-4397 (Appareil de télécommunication pour sourds)

Le contenu de cette publication peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada, et que la reproduction n'a pas été faite en association avec Ressources naturelles Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de Ressources naturelles Canada. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca.

Introduction

Ce résumé à l'intention des décideurs et le rapport complet qui l'accompagne¹, intitulé « Évaluation des risques posés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans l'est du Canada », sont conçus pour servir de référence aux responsables de la lutte contre les ravageurs forestiers dans l'élaboration de stratégies contemporaines contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, pour fournir un contexte aux décideurs et aux responsables de l'élaboration des politiques, et pour aider les chercheurs à trouver des occasions de mener des études scientifiques pertinentes.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (ci-après dénommée TBE) est un insecte qui se nourrit de conifères et qui est originaire des forêts boréales et hémiboréales d'Amérique du Nord à l'est des montagnes Rocheuses. Les infestations périodiques de ce ravageur au Canada provoquent une défoliation importante dans les forêts d'épinettes et de sapins, entraînant des conséquences allant de la perte de croissance à la mortalité des arbres. Ces impacts constituent des perturbations naturelles dans les forêts nordiques, mais peuvent entraîner d'importantes pertes économiques en ressources forestières, nuire à l'industrie forestière et aux communautés qui en dépendent, ainsi qu'altérer des valeurs forestières non exploitantes telles que les loisirs, la faune, la séquestration du carbone et l'identité culturelle. Depuis 2006, l'est du Canada connaît une infestation de TBE. L'infestation précédente avait pris fin dans les années 1990 (des détails supplémentaires sur l'infestation actuelle et les infestations antérieures sont fournis dans le rapport complet).

La sensibilité et la vulnérabilité² varient selon les espèces d'arbres hôtes et les peuplements forestiers. Le sapin

baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) et l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) ont pratiquement la même vulnérabilité à la TBE. L'épinette rouge (*Picea rubens* Sarg.) et l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.]) sont quant à elles moins vulnérables. Ces différences de vulnérabilité s'expliquent le mieux par la synchronisation de la phénologie des arbres et des insectes. Les teneurs en eau et en azote du sapin baumier, ainsi que la souplesse des aiguilles, sont maximales au moment du débourrement, qui correspond étroitement à l'émergence des larves hivernantes de deuxième stade de la TBE (L2). L'épinette blanche est moins bien synchronisée avec la TBE, son débourrement ayant lieu environ quatre jours plus tard que celle du sapin baumier, et la teneur en azote est plus faible que celle du sapin baumier. Les épinettes rouges et noires sont moins adaptées, car le débourrement a lieu environ 13 jours plus tard que celui du sapin baumier, ce qui signifie qu'il n'y a pas de nouveau feuillage succulent dont les larves de TBE peuvent se nourrir lorsqu'elles émergent sur ces hôtes, ce qui diminue le taux de survie des larves. Le sapin baumier est également plus vulnérable que les autres épinettes, car il porte moins de feuillage et les larves de TBE se nourrissent à la fois des nouvelles et des anciennes aiguilles. Ainsi, plus la proportion de sapins baumiers est élevée dans un peuplement donné, plus l'impact de la TBE est important.

Du fait de la nature prononcée et de l'impact des infestations de TBE, cet insecte fait l'objet d'une recherche et d'une prise en charge intensives depuis plus d'un siècle. Son cycle de vie, l'historique des infestations et les interventions de lutte sont bien documentés. Toutefois, cette base de connaissances est essentiellement technique et contextuelle. Le rapport complet reflète l'avis d'experts étayé par la littérature et synthétise des décennies de recherche sur la TBE, y compris de nombreuses études réalisées au cours des 10 dernières années. Il s'appuie sur ces travaux antérieurs et évalue les risques actuels d'infestations de TBE dans l'est du Canada.

¹Référence pour le rapport entier : Brandt, J.P.; Porter, K.B.; Cooke, B.J. et Scarr, T.A., éditeurs. 2025. Évaluation des risques posés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans l'est du Canada. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Ottawa, Ontario. Rapport d'information. 99 p.

²La sensibilité d'un hôte ou d'une forêt est définie comme la probabilité que l'hôte ou la forêt soit attaqué par la TBE; la vulnérabilité est la probabilité que des dommages, tels que la réduction de la croissance et la mortalité des arbres, résultent de la défoliation par la TBE (Blum et MacLean, 1985).

Infestations de TBE et mesures de lutte

D'après les données historiques issues des données dendroécologiques et des relevés annuels de détection aérienne, les infestations de TBE réapparaissent tous les 30 à 40 ans au Canada à l'est des montagnes Rocheuses. En effet, les infestations peuvent persister plus de 10 ans dans une même région, entraînant la mortalité des arbres, en particulier chez les sapins baumiers qui sont les espèces les plus vulnérables. Trois grandes infestations se sont produites au cours du XX^e siècle. La dernière infestation a atteint son pic dans les années 1970, avec une défoliation modérée à grave affectant plus de 50 millions d'hectares de forêt.

Bien que l'épandage aérien d'insecticides ait été l'une des principales méthodes de lutte contre les infestations de TBE depuis les années 1950, les autorités forestières du Canada mettent en œuvre un cadre de lutte intégrée contre les ravageurs depuis plusieurs décennies. Dans le cadre de la lutte intégrée contre les ravageurs, toutes les options à la disposition des aménagistes forestiers et des responsables de la lutte contre les ravageurs forestiers sont examinées avec soin lorsqu'il s'agit de minimiser les effets négatifs d'une infestation de TBE. Une méthode de lutte directe consiste à appliquer un insecticide dans le cadre d'une stratégie de protection du feuillage réactive, en ciblant les peuplements de grande valeur déjà défoliés, afin de maintenir les arbres en vie jusqu'à ce que l'infestation disparaisse ou que les arbres puissent être récoltés. Des applications annuelles répétées sur les peuplements sont possibles. Actuellement, l'insecticide le plus utilisé au Canada est la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Bt), les régulateurs de croissance des insectes ayant été récemment utilisés de manière plus limitée. Les approches de lutte plus proactives, telles que la stratégie d'intervention précoce

(SIP), ont toujours suscité de l'intérêt. Cette approche vise à prévenir les dommages en modifiant le comportement des populations de TBE. Des tentatives antérieures de SIP ont été menées, mais avec une efficacité limitée à l'échelle de la région. La SIP la plus récente comprend une surveillance intensive des populations à faible densité situées à proximité des aires actuellement infestées, afin de détecter l'augmentation des populations avant que les dommages ne deviennent évidents. Ces régions sont ciblées pour l'application d'insecticides afin d'empêcher les populations de dépasser le seuil d'irruption qui déclenche les infestations. Les essais expérimentaux menés depuis 2014 se sont révélés prometteurs pour maintenir de faibles populations de TBE dans le nord du Nouveau-Brunswick, malgré une infestation régionale plus importante dans la région voisine du Québec. L'applicabilité de la SIP après 2026, date de la fin de l'expérience actuelle, et sur des superficies plus vastes touchées par des infestations de TBE, n'a pas été testée, et il est probable que des questions clés resteront sans réponse à la fin de l'expérience. Les approches sylvicoles offrent une autre série d'options aux aménagistes forestiers lorsqu'ils sont confrontés à une infestation de TBE. Ces dernières comprennent (i) l'abattage préventif et l'abattage accéléré des peuplements hôtes susceptibles d'être défoliés ou endommagés par la TBE, et (ii) la coupe de récupération, c'est-à-dire l'abattage des arbres morts, mourants ou en voie de détérioration avant que la fibre des arbres concernés ne perde sa valeur économique. Une autre option dans le cadre de la lutte intégrée contre les ravageurs consiste à ne rien faire, c'est-à-dire à laisser l'infestation suivre son cours sans intervenir. Le choix d'une option d'intervention dépend en grande partie des objectifs précis d'aménagement forestier pour un peuplement ou une zone donnée.

Analyse des risques

Sous l'égide du Conseil canadien des ministres des forêts, les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont promu l'analyse des risques en tant qu'approche proactive permettant d'harmoniser les politiques et les pratiques de lutte contre les ravageurs forestiers, sur la base de données probantes. L'analyse des risques est une approche multidisciplinaire qui permet d'éclairer les décisions dans le contexte des menaces à toutes les échelles pertinentes. Il s'agit d'un outil stratégique qui recense des données probantes pour éclairer les décisions politiques et opérationnelles.

Le risque est le produit de la probabilité d'occurrence d'un événement et des conséquences attendues si l'événement venait à se produire. L'analyse des risques comprend l'évaluation, les mesures d'intervention et la communication. L'évaluation des risques et les réponses sont des facettes de l'analyse qui sont fondées sur la connaissance. Ils répondent aux questions « que savons-nous? », « qu'est-ce que cela signifie? » et « que devrions-nous faire? ». La communication sur les risques transmet les renseignements aux décideurs au sein des organismes de lutte, aux personnes responsables de la mise en œuvre des mesures d'intervention au sein de l'organisation et aux partenaires, collaborateurs, intervenants et peuples autochtones. Le présent résumé à l'intention des décideurs politiques résume, et le rapport complet décrit, une évaluation des risques liés à la TBE visant à intégrer nos dernières connaissances sur la biologie, l'écologie et la gestion de la TBE, à évaluer notre confiance dans ces connaissances et à déterminer les besoins en matière de recherche afin de réduire les incertitudes. Les détails, y compris les références, sont fournis dans le rapport complet.

Cette évaluation est motivée par la persistance et la propagation de l'infestation actuelle de TBE qui est apparue pour la première fois au Québec en 2006. En 2021, l'infestation restait principalement concentrée au Québec, mais les populations étaient en augmentation en Ontario (figure 1). Ces deux provinces utilisent une stratégie traditionnelle de protection du feuillage qui consiste à éliminer par l'application aérienne d'insecticides, les fortes populations de TBE dans les peuplements endommagés et de grande valeur. Le Québec a procédé à des pulvérisations chaque année

depuis 2009, traitant 741 000 hectares de forêts en 2021. L'Ontario a traité plus de 53 914 hectares en 2021. Les programmes de pulvérisation de l'Ontario en 2020 et 2021 sont les premiers depuis 1991. Depuis 2014, les populations de TBE du Canada atlantique ont été maintenues en dessous des niveaux dommageables grâce à la mise en œuvre expérimentale d'une SIP novatrice, qui consiste à surveiller de près les forêts du nord du Nouveau-Brunswick et à intervenir rapidement à l'augmentation de la menace. Cette même approche est essayée dans l'ouest de l'île de Terre-Neuve où les populations de TBE sont périodiquement renforcées par d'importants afflux de papillons en provenance du Québec. La menace imminente d'une nouvelle extension de l'aire infestée et la possibilité d'élaborer de nouvelles stratégies de lutte sur la base des progrès réalisés dans la connaissance de l'écologie de la TBE font de cette évaluation des risques une occasion opportune de présenter une approche plus complète de l'évaluation des risques dans les forêts de conifères nordiques.

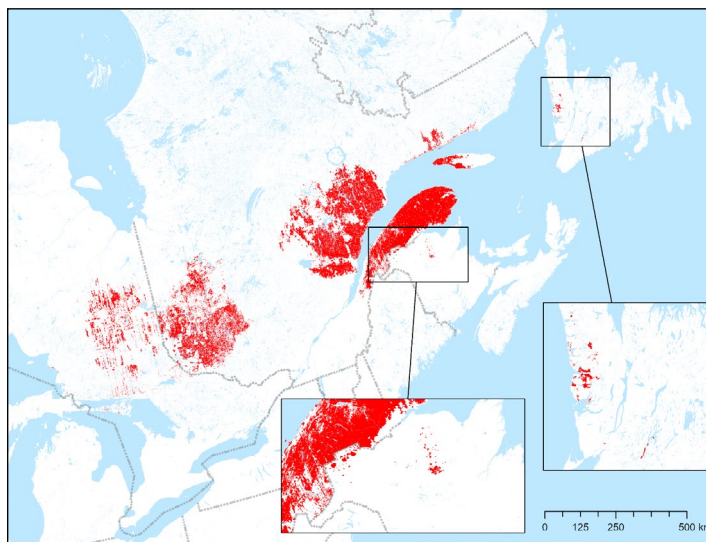


Figure 1. Étendue de la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est du Canada en 2021.

Un atelier réunissant des chercheurs et des experts invités de la communauté de la lutte contre les ravageurs forestiers a été organisé en quatre séances de trois heures en août 2021. Des énoncés affirmatifs (ÉA) relatifs aux risques posés par les infestations de TBE ont été présentés en vue d'une discussion sur les éléments probants scientifiques et l'avis d'experts concernant l'état

des connaissances en la matière. Pour chaque énoncé, les incertitudes associées ainsi que les renseignements nécessaires pour les réduire (c'est-à-dire les lacunes dans les connaissances) ont été précisés. Après l'atelier, les équipes de rédaction ont préparé des sections du rapport d'évaluation des risques complet en utilisant les notes de l'atelier, complétées par des renseignements supplémentaires et des connaissances d'experts afin de combler les lacunes et de réaliser une synthèse du

sujet qui leur a été assigné. Cette évaluation comprend également des sections sur les mesures de lutte actuelles contre l'infestation. Elles sont incluses parce que l'évaluation du risque, de l'efficacité et de l'incertitude concernant les mesures de lutte existantes reflète la nature itérative de l'évaluation et de l'analyse des risques. Le tableau 1 résume les principales données relatives à chaque ÉA qui ont été discutées et examinées dans le cadre du processus d'évaluation des risques.

Tableau 1. Principaux éléments probants relatifs aux affirmations discutées et examinées dans le cadre du processus d'évaluation des risques liés aux infestations de TBE

Énoncé affirmatif :	ÉA 1 : Les infestations de TBE sont périodiques et les mécanismes d'irruption de la population sont bien maîtrisés	ÉA 2 : Les irruptions de population de TBE sont évitables
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	B.J. Cooke, J. Régnière et J.-N. Candau	B.J. Cooke, J. Régnière et J.-N. Candau
Points saillants :	- Des infestations périodiques étendues ont été observées sur plusieurs siècles dans les archives dendroécologiques et sur plusieurs millénaires dans les archives paléoécologiques. - Il existe des variations spatiales importantes dans le comportement des infestations, dont certaines semblent être attribuables à des variations spatiales du climat et de la structure forestière, bien que la plupart des variations de périodicité, d'intensité et de durée demeurent inexpliquées. - Le phénomène de formation des épicentres n'est pas une simple anomalie historique, mais a été une caractéristique importante dans le déclenchement précoce du cycle actuel des infestations dans le nord du Québec. La première phase du début du cycle de population est marquée par une période de recrutement positif lié à la densité, due à un meilleur succès de l'accouplement avec l'augmentation de la densité au fil du temps. - Bien que les infestations graves de TBE entraînent la mortalité des arbres, dans la majeure partie de l'aire de répartition de l'insecte, le cycle d'infestation se termine par une simple perte de croissance et une mortalité minimale des arbres. - Un large éventail d'ennemis naturels induisent des cycles de population périodiques. Les interactions entre la TBE et les ennemis naturels ne sont cependant pas simples et sont probablement influencées par des facteurs environnementaux, notamment la composition de la forêt et son influence non seulement sur la communauté d'ennemis naturels affectant la TBE, mais aussi sur leurs propres prédateurs et leurs autres hôtes.	- La thèse principale de l'approche d'intervention précoce en matière de gestion des populations est qu'il existe un seuil instable d'irruption de populations à faible densité en deçà duquel l'application d'insecticides peut influencer la croissance des populations. Des données récentes suggèrent que le seuil d'irruption existe, qu'il est instable et qu'il se produit à environ trois à cinq larves L4 par branche ou à un niveau de population comparable de sept L2 par branche. - Si le seuil d'irruption dérive en raison de la croissance de la forêt au fil du temps, il devient plus difficile de répondre à la question de savoir si la prévention est possible. La prévention peut être possible à court terme, mais ce résultat peut finir par devenir irréalisable à mesure que le seuil est dépassé. De même, s'il existe une propension au cycle induite par les interactions avec les ennemis naturels, la capacité de prévention peut diminuer à mesure que les ennemis naturels se raréfient, ce qui entraîne une pression insurmontable sur les taux de croissance de la population de TBE. - L'apparition de l'infestation actuelle de TBE au Québec a permis de recueillir de nouvelles données sur le rôle des ennemis naturels dans l'évolution des populations au-delà des niveaux endémiques. Jusqu'à présent, rien n'indique que la communauté d'ennemis naturels s'est appauvrie, bien qu'il y ait eu 2 décennies de faibles densités de TBE entre la disparition de la dernière infestation et le début de l'infestation actuelle en 2006. La mise en œuvre de la SIP au Nouveau-Brunswick a réussi à limiter la croissance de la population dans toute la province, et aucun élément probant ne démontre que les ennemis naturels se sont retirés et ont ainsi perdu leur effet régulateur sur les populations de TBE. - La capacité à prévenir l'irruption de la population de TBE est une question pratique d'échelle et d'économie. En effet, une irruption qui peut être évitée au niveau de l'arbre, du peuplement ou de l'épicentre peut ne pas l'être au niveau du paysage, car il peut y avoir des obstacles économiques, réglementaires ou logistiques à la mise en œuvre d'un programme d'intervention à plus grande échelle. La prévention nécessite une détection précoce continue, et les difficultés logistiques et économiques liées à la détection précoce peuvent constituer un obstacle considérable à la poursuite de la mise en œuvre de la SIP. Les mesures envisageables pour une petite province fortement dépendante du bois peuvent s'avérer irréalisables d'un point de vue pratique et économique pour des provinces plus importantes. - Les irruptions localisées de population au niveau de l'arbre, du peuplement ou du bassin hydrologique peuvent être indéfiniment évitées. Les infestations à grande échelle et à l'échelle régionale peuvent être évitées pendant un certain temps, mais il reste à voir si l'approche peut être appliquée à long terme. À grande échelle, le comportement cyclique peut éclipser tout comportement local caractérisé par les irruptions.

Énoncé affirmatif :	ÉA 3 : La dispersion sur de longues distances des papillons de la TBE est un facteur important dans les infestations	ÉA 4 : Les changements climatiques modifient la distribution, l'échelle et l'intensité des infestations de TBE dans les forêts de l'est du Canada
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	B.J. Cooke, J. Régnière, J.-N. Candau	A.D. Roe, D.S. Pureswaran, J.J. Bowden, J. Régnière, E.R.D. Moise et V. Martel
Points saillants :	- La dispersion de la TBE se produit à des échelles spatiales très variées, allant de quelques mètres à des centaines de kilomètres. - La compréhension des facteurs environnementaux affectant la dispersion sur de longues distances s'est considérablement améliorée, grâce aux observations de vols de dispersion depuis la canopée et aux observations radar du transport atmosphérique. - Les modèles mécanistes de dispersion des papillons indiquent qu'une grande partie de la dispersion des papillons est due au vent et que, par conséquent, la direction et la vitesse du vent jouent un rôle essentiel dans la détermination des trajectoires de vol des papillons. - La dispersion pourrait avoir un effet sur le cycle et la propagation de deux manières principales. Tout d'abord, les événements d'immigration peuvent déclencher une croissance et une propagation par irruption. Pour que cela se produise, il faut que la population réceptrice soit déjà proche du seuil d'irruption. Ensuite, les immigrations entre populations voisines peuvent conduire à une synchronisation des cycles en réduisant le délai entre des populations dont les cycles sont par ailleurs indépendants. - Dans certains cas, l'arrivée de papillons de la TBE du Québec a coïncidé avec l'établissement de nouvelles populations et l'apparition d'épicentres. Par ailleurs, il est important de souligner que tous les événements d'immigration ne se traduisent pas par une expansion de l'infestation à la source ou par une irruption à la destination d'accueil des immigrants. La propension aux irruptions dues à la dispersion semble donc dépendre de facteurs régissant la dynamique de cycles au niveau du lieu de destination.	- Les changements climatiques modifieront les régimes thermiques, la variabilité ainsi que la fréquence et la durée des phénomènes météorologiques extrêmes dans l'aire de répartition de la TBE. - La TBE est sensible aux conditions climatiques et ces conditions déterminent les limites de son aire de répartition. - La synchronisation avec les plantes hôtes dépend de la température et est essentielle pour la survie de la TBE. - La TBE abrite une communauté diversifiée d'ennemis naturels, qui sont également sensibles aux conditions climatiques. - Les infestations de TBE se sont récemment étendues vers le nord, touchant des forêts d'épinette noire non exposées, situées au nord des zones où des infestations s'étaient déclarées par le passé.
Énoncé affirmatif :	ÉA 5 : Les infestations de TBE augmentent le risque d'incendie de forêt	ÉA 6 : Les infestations de TBE peuvent avoir un impact négatif sur les valeurs marchandes et non marchandes des forêts
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	L.M. Johnston et Y. Boulanger	D.W. McKenney, E.S. Hope et V. Lantz
Points saillants :	- Les incendies et les infestations de TBE sont deux perturbations courantes dans une grande partie de l'est du Canada, et elles sont liées à la fois directement et indirectement l'une à l'autre. - Les dommages causés par la TBE peuvent entraîner une accumulation de combustible à brûler, et les modifications de la distribution physique du combustible peuvent augmenter considérablement le risque d'incendie au niveau du peuplement et, dans certaines conditions, peuvent produire un comportement extrême d'un incendie. - Il semble y avoir un décalage temporel des effets de la TBE sur la disponibilité du combustible avec un pic survenant plusieurs années après la fin de l'épisode de défoliation, créant ainsi une « fenêtre de possibilité » pour un risque accru d'incendie. - Cette relation est liée à de nombreux aspects et peut être modifiée par les conditions météorologiques ou climatiques, la composition des peuplements, les régimes de feux, la suppression des incendies et la dynamique des combustibles ou des peuplements, qui changent de manière saisonnière ou graduelle avec le temps. - Une meilleure compréhension de la relation entre la TBE et les incendies sera d'autant plus essentielle à l'avenir, compte tenu des dynamiques changeantes auxquelles la TBE, ses hôtes et les incendies font face en raison des changements climatiques.	- Les infestations de TBE réduisent l'approvisionnement disponible en fibres de sapin et d'épinette commercialisables dans les forêts touchées, entraînant des impacts économiques en aval (par exemple, modification de l'approvisionnement en produits d'épinette) et en amont (par exemple, répercussions sur la récolte des peuplements). - D'un point de vue économique, la lutte contre la TBE devrait être envisagée lorsque les avantages des efforts de lutte dépassent les coûts associés. - Les considérations économiques devraient inclure la dynamique des populations de ravageurs, les valeurs marchandes, les stratégies de traitement réalisables, la programmation de la coupe, la hiérarchisation des peuplements optimaux et les avantages écosystémiques liés aux régions forestières touchées. - Les considérations économiques peuvent être élargies pour inclure des valeurs non marchandes, telles que les services écosystémiques, la séquestration du carbone et la fourniture d'habitats. Ces valeurs non marchandes peuvent apporter un soutien supplémentaire à la lutte contre la TBE. La quantification des valeurs non marchandes est un processus continu, dont la validité et la fiabilité sont très incertaines.

Énoncé affirmatif :	ÉA 7 : L'intégrité de l'écosystème est généralement résiliente aux infestations naturelles de TBE, mais celles-ci modifient les propriétés à des échelles temporelles et spatiales plus courtes	ÉA 8 : Les infestations de TBE affecteront de manière considérable les services culturels d'importance critique pour les collectivités rurales et autochtones dans les zones gérées et protégées
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	L.A. Venier, M. Stastny, C.B. Edge et J.J. Bowden	J.J. Bowden, D. Churchill, C.C. Sponarski et M. Stastny
Points saillants :	- Les infestations de TBE constituent une perturbation naturelle majeure dans de vastes régions du Canada et la suppression des infestations à l'échelle régionale devrait éliminer ou réduire l'empreinte naturelle et périodique des infestations de TBE non seulement sur la structure d'âge, la composition et la régénération des peuplements individuels, mais aussi sur l'hétérogénéité de la forêt au niveau du paysage, avec des conséquences encore peu connues sur les écosystèmes forestiers. - Les changements anthropiques (par exemple, les changements climatiques, la récolte, l'introduction d'espèces non indigènes et la coupe de récupération après la TBE) peuvent interagir avec des perturbations naturelles telles que la TBE déplaçant le système en dehors de sa plage de variation naturelle et entraînant des effets considérables sur la biodiversité, le cycle des nutriments et la séquestration du carbone. - L'abondance de larves de la TBE lors des infestations fait vivre l'ensemble de la communauté aviaire, tandis que l'accumulation de bois mort résultant de la mortalité des arbres favorise les insectes saproxyliques, qui contribuent à la décomposition et au cycle des nutriments, et constituent une ressource alimentaire essentielle pour les oiseaux et les mammifères. La coupe de récupération après une infestation de TBE réduit la quantité de bois mort frais, ce qui modifie la communauté d'insectes saproxyliques et réduit les possibilités de recherche de nourriture et de nidification pour les glaneurs d'écorce et les oiseaux qui nichent dans les cavités. - À travers une série de changements liés à la défoliation causée par la TBE, notamment la chute de litière, l'ouverture du couvert, la croissance et la mortalité des arbres, les débris ligneux grossiers ainsi que la dynamique des peuplements, les infestations ont des conséquences importantes sur les processus biogéochimiques dans les forêts touchées, à différentes échelles de temps. - Une baisse de la production nette de l'écosystème (PNE) peut transformer les forêts boréales de puits de carbone en sources de carbone après les infestations de TBE. Cependant, certains modèles ont révélé une tendance à la reprise rapide de la PNE annuelle si la défoliation était réduite, ce qui suggère que les forêts touchées peuvent redevenir un puits de carbone plus rapidement si l'intensité et la durée de la défoliation ne sont pas graves et prolongées.	- Les forêts fournissent une multitude de services écosystémiques culturels qui sont souvent négligés ou insuffisamment pris en compte dans les évaluations écologiques et économiques de l'impact de la TBE. - Ces services sont d'une importance capitale pour les collectivités autochtones et autres collectivités rurales et isolées qui vivent dans les régions qui subissent ou ont récemment commencé à subir des perturbations dues à la TBE ou à proximité de celles-ci, ainsi que pour les autres Canadiens qui visitent ces régions à des fins récréatives. - Les collectivités rurales et éloignées représentent près de 20 % de la population du Canada et près de 30 % du PIB du pays, en grande partie grâce aux ressources naturelles. - Les perturbations forestières causées par les insectes, parfois aggravées par les changements climatiques, peuvent altérer les écosystèmes forestiers et la façon dont les gens interagissent avec les paysages ruraux. - Les infestations de TBE peuvent changer d'intensité ou de répartition géographique en raison de facteurs anthropiques tels que les changements climatiques, et les aires protégées qui n'ont pas connu ce niveau de perturbation auparavant peuvent également être touchées. Dans ces zones, la cascade d'effets écologiques déclenchée par les nouvelles infestations est plus difficile à prévoir, mais elle pourrait entraîner des conséquences plus graves ou plus durables sur les services culturels.
Énoncé affirmatif :	ÉA 9 : Les méthodes et intensités de surveillance actuelles sont adéquates pour une lutte efficace contre la TBE	ÉA 10 : Certains éléments et principes essentiels de la SIP doivent être inclus pour une approche réussie de la lutte contre la TBE
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	R.C. Johns, D. Carleton et J.P. Brandt	R.C. Johns, J.J. Bowden et E.R.D. Moise
Points saillants :	- Pour la stratégie de protection du feuillage, les techniques de surveillance actuelles répondent aux besoins provinciaux en matière de lutte contre la TBE et sont utilisées depuis plusieurs décennies par ces provinces. - Pour la SIP, la surveillance intensive des densités de L2 a permis la détection efficace et la suppression subséquente des « points chauds » dans le Canada atlantique.	- La SIP est essentiellement une approche proactive à grande échelle visant à prévenir l'apparition et la propagation des infestations en détectant les points chauds et en identifiant les zones prioritaires pour le traitement de la TBE avec des insecticides. - Bien que les méthodes de surveillance soient similaires, l'intensité d'échantillonnage et les seuils d'action utilisés pour définir les zones de traitement dans la SIP diffèrent sensiblement de ceux de la stratégie de protection du feuillage. - Le protocole de base pour définir les zones prioritaires de traitement dans la SIP comprend : (1) la détection précoce des points chauds ; (2) l'évaluation de la sensibilité de la forêt ; et (3) la sélection et l'attribution des tactiques de contrôle. - L'efficacité selon la SIP implique l'utilisation de tactiques qui peuvent « ajouter » de la mortalité chez la TBE par l'application d'insecticides à celle qui se produit naturellement tout en ayant un impact limité sur les agents de mortalité naturels. - Parmi les autres éléments importants de la SIP, on peut citer les analyses coûts-avantages, ainsi que les communications et les activités de sensibilisation visant à assurer le soutien du public au programme.

Énoncé affirmatif :	ÉA 11 : L'application soutenue de la SIP à court terme (environ cinq années supplémentaires) réduira l'impact à long terme de la TBE dans le Canada atlantique	ÉA 12 : De multiples approches de lutte sont nécessaires pour réduire le risque de TBE dans différentes juridictions où il existe différents objectifs de lutte et contextes forestiers
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	J.J. Bowden, E.R.D. Moise, R.C. Johns	J.J. Bowden, E.R.D. Moise, R.C. Johns
Points saillants :	- À l'heure actuelle, rien ne prouve que la SIP appliquée à court terme réduise la progression de l'infestation à long terme. - Il existe des preuves convaincantes qu'à court terme, les populations de TBE sont réduites par le traitement des zones à risque, les densités de TBE dans le nord du Nouveau-Brunswick étant systématiquement et sensiblement inférieures à celles du Québec voisin (qui utilise une stratégie de gestion différente – la stratégie de protection du feuillage). - Des données à long terme seront finalement nécessaires pour déterminer les impacts à long terme de la SIP dans les provinces de l'Atlantique. - L'expérience récente suggère que la SIP est une stratégie efficace pour aplatir la courbe d'infestation et prévenir la propagation de l'infestation dans les provinces de l'Atlantique, avec une zone de traitement globale beaucoup plus réduite au Nouveau-Brunswick en particulier.	- La structure forestière a une influence significative sur la défoliation par la TBE, où l'augmentation de la teneur en sapin baumier (et la diminution concomitante de la teneur en feuillus) entraîne une augmentation des dommages. - Les infestations de TBE sont alimentées par la dispersion massive de papillons provenant de régions adjacentes touchées par une infestation, les immigrants augmentant la production reproductive locale et facilitant l'échappement au contrôle des ennemis naturels (prédateurs qui se nourrissent de TBE). - Même lorsque la SIP est considérée comme une approche réalisable, les espaces urbains, la proximité des plans d'eau, les terrains privés et les zones naturelles protégées présentent tous des défis logistiques pour la mise en œuvre de la TBE. - Les difficultés logistiques supplémentaires comprennent l'accès routier limité aux peuplements forestiers dans de nombreuses juridictions, ce qui nécessite un échantillonnage par d'autres moyens plus coûteux et plus complexes sur le plan logistique (par exemple, par hélicoptère). - Terre-Neuve, île septentrionale, présente une biodiversité relativement faible et, par conséquent, une diversité moindre d'ennemis naturels capables de s'attaquer aux populations croissantes de TBE. Les interactions au sein de la communauté peuvent également être indirectes, via d'autres herbivores présents simultanément (par exemple, des espèces introduites), et aggraver les impacts.
Énoncé affirmatif :	ÉA 13 : Une stratégie de protection du feuillage peut réduire les impacts de la TBE, mais ne modifiera pas de manière considérable la période, la durée ou les lieux de l'infestation	ÉA 14 : La coupe préventive et la coupe de récupération représentent d'autres approches de lutte contre la TBE
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	B.J. Cooke, P. Therrien et L. Morneau	B.J. Cooke, P. Therrien, L. Morneau et J.P. Brandt
Points saillants :	- Des preuves attestent de l'efficacité continue du <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (<i>Btk</i>) ou du tébufénozide contre la TBE, et il existe également de nombreuses preuves que les populations larvaires de TBE peuvent être réduites à des niveaux où le feuillage est suffisamment protégé pour maintenir les arbres hôtes en vie, même lors d'infestations intenses qui durent de nombreuses années. - Les zones traitées opérationnellement sont généralement de petite taille, de l'ordre de quelques dizaines à quelques milliers d'hectares. Lors de la dernière infestation au Québec, pas plus de 4 à 5 % des forêts de la province ont été traitées contre la TBE. Bien que les populations de TBE soient réduites par une stratégie de protection du feuillage dans ces zones, ces traitements ne sont jamais suffisamment étendus pour avoir un impact significatif sur la population globale de TBE. - Certaines infestations s'atténuent même lorsque la forêt n'est pas fortement endommagée, et de nombreux éléments indiquent que l'augmentation de la mortalité larvaire tardive causée par des ennemis naturels spécifiques, ainsi que les maladies à microsporidies, jouent un rôle crucial dans ces atténuations. Par conséquent, plus les ennemis naturels interviennent dans la régulation des cycles de population de la TBE, moins le dépérissement forestier induit par ce ravageur a d'impact, et moins il est probable que la pulvérisation d'insecticides en pleine infestation la prolonge.	- La lutte intégrée contre les ravageurs prend en compte l'ensemble des stratégies et tactiques disponibles pour lutter contre les ravageurs tels que la TBE, et la coupe préventive et de récupération sont deux alternatives viables. - Il existe des considérations économiques et écologiques liées à la fois à la récolte préventive et à la récupération du bois, et celles-ci doivent être soigneusement pesées afin de sélectionner l'option la plus appropriée et de garantir le respect des objectifs d'aménagement durable des forêts. - D'un point de vue économique, la récolte préventive et la récupération du bois peuvent représenter une opportunité économique, mais aussi un risque économique, en fonction de l'ampleur de l'infestation, des considérations liées aux usines et aux produits finaux, et des conditions du marché. - D'un point de vue écologique, la récolte préventive et la récupération du bois devraient être effectuées afin de minimiser tout effet écologique négatif sur les paysages actuels et de garantir que les prescriptions d'aménagement forestier actuelles n'entraînent pas une susceptibilité accrue à la TBE et une vulnérabilité accrue des forêts futures lors du prochain cycle d'infestation. - Une prise de décision optimale nécessite des données et des informations fiables concernant toutes les alternatives.

Énoncé affirmatif :	ÉA 15 : Toutes les options de traitement insecticide de la TBE ont un certain impact sur les organismes non ciblés
Autorités chargées des travaux sur les énoncés affirmatifs :	V. Martel, J.J. Bowden et E.R.D. Moise
Points saillants :	• Les insecticides contre la TBE disponibles dans le commerce (homologués en vertu de la <i>Loi sur les produits antiparasitaires</i>) qui sont à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (<i>Btk</i>) ou de tébufénozide affectent les larves de lépidoptères qui se nourrissent au moment des applications. • Dans les traitements contre la TBE, seules les forêts à fort contenu en sapin baumier et en épinette (c'est-à-dire les forêts les plus sensibles à la TBE) sont pulvérisées et, par conséquent, les limitations spatiales restreignent davantage les impacts sur les espèces non ciblées. • Des recherches récentes ont montré qu'aucun effet sur l'abondance et la richesse des lépidoptères n'était dû à un traitement insecticide (à la fois au <i>Btk</i> et au tébufénozide) appliqué dans le cadre de la SIP au Nouveau-Brunswick, que ce soit l'année du traitement ou un an plus tard. • À des concentrations réalistes de <i>Btk</i> et de tébufénozide, l'effet sur la biodiversité aquatique est faible, voire nul. • Étant donné que les larves de TBE parasitées se nourrissent moins que les larves saines, et que les insecticides doivent être ingérés pour être efficaces, les larves parasitées sont moins susceptibles d'être tuées par un traitement insecticide.

Caractérisation du risque

Notre caractérisation du risque s'applique généralement à l'aire de répartition orientale de la TBE, de l'est de l'Ontario aux provinces de l'Atlantique, mais pas à l'échelle de peuplements forestiers particuliers. En outre, le risque est décrit de manière qualitative et comparative, plutôt que quantitative. Du point de vue temporel, notre caractérisation des risques se réfère aux 10 à 15 prochaines années. Nous caractérisons le risque en fonction de la probabilité d'occurrence et des conséquences de l'occurrence.

Probabilité d'occurrence

La probabilité d'occurrence fait ici référence à l'apparition d'une infestation de TBE. Nous définissons une infestation comme une augmentation de l'abondance de la TBE, entraînant une défoliation suffisamment importante sur une vaste superficie qui peut être observée lors de relevés aériens. Pour caractériser la probabilité, nous utilisons les données probantes et les incertitudes résumées ci-dessous et décrites en détail dans le rapport complet. Nous tentons de répondre aux questions suivantes : Où se produiront les infestations et quand? Quelles mesures peuvent être prises (ou sont prises) pour les prévenir ou minimiser leur probabilité d'occurrence?

Où se produiront les infestations et quand?

Des infestations de TBE sont actuellement observées dans de nombreuses régions de l'est du Canada. Il est probable que ces infestations se poursuivent et s'étendent à d'autres zones sensibles à proximité au cours des prochaines années. En fin de compte, l'étendue nord de l'infestation au Québec s'étendra plus au nord que les infestations précédentes (voir ÉA 1 dans le rapport complet). La SIP n'est pas efficace contre une infestation bien établie comme celle qui sévit actuellement dans de vastes régions du Québec (ÉA 2, ÉA 10, ÉA 12). Bien que récente, l'infestation dans l'est de l'Ontario, près de la frontière québécoise, va s'intensifier et se propager, et pourrait occuper une superficie semblable à celle des infestations précédentes dans cette région. Au cours des 35 dernières années, la composition des forêts de l'ouest

de l'Ontario et de l'ouest du Québec a évolué vers une plus grande proportion de feuillus et une réduction de la proportion de sapins et d'épinettes sensibles. Même si l'on s'attend toujours à ce que des infestations se produisent, elles occuperont probablement une superficie plus restreinte que par le passé. Du point de vue temporel, l'infestation dans l'ouest de l'Ontario sera probablement en retard d'une dizaine d'années par rapport au reste de la province, tant en ce qui concerne l'apparition de l'infestation que sa disparition.

Quelles mesures peuvent être prises (ou sont prises) pour les prévenir ou minimiser leur probabilité d'occurrence?

Les infestations de TBE caractérisées par les irrptions, qui est un élément important de la SIP, est probablement lié à l'échelle. Toutefois, il existe une grande incertitude quant à ce lien et, par conséquent, quant à la possibilité de prévenir les infestations (ÉA 2). Il est probable que la faisabilité de la prévention diminue à mesure que le cycle de la population à l'échelle de la zone augmente dans les régions environnantes (ÉA 2). En raison de l'efficacité de la SIP jusqu'à présent (ÉA 11), nous pensons que le Nouveau-Brunswick n'atteindra pas un niveau d'infestation si la SIP continue d'être appliquée de la même manière au cours des prochaines années. Au-delà de cette période, si l'application de SIP cesse, la probabilité d'apparition d'une infestation reste inconnue à l'heure actuelle. L'interruption de la SIP entraînerait probablement le déclenchement d'une infestation dans le nord du Nouveau-Brunswick en raison de la dispersion des papillons depuis le Québec encore importante dans cette région (ÉA 3). Les populations du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse, commencent à augmenter. Ce déclenchement de l'infestation est en retard de quelques années sur l'infestation du Nouveau-Brunswick. Si la SIP est appliquée de la même façon qu'au Nouveau-Brunswick, on peut s'attendre à un risque aussi faible que celui décrit ci-dessus. Il est toutefois possible que la dispersion répétée sur de longues distances de papillons en provenance du Québec vers le Cap-Breton augmente le risque en Nouvelle-Écosse (ÉA 3). En outre, si l'application de la SIP venait à être interrompue au

Nouveau-Brunswick, le déclenchement attendu d'une infestation dans le nord de la province augmenterait probablement la pression exercée par les populations de la TBE en Nouvelle-Écosse.

La dispersion sur de longues distances peut jouer un rôle important dans le déclenchement et la propagation des infestations (ÉA 3). Les fortes populations, la vaste étendue géographique de l'infestation et les vents dominants dans l'est du Québec constituent une cause probable de dispersion des papillons sur de longues distances vers les provinces situées plus à l'est. Ainsi, le nord du Nouveau-Brunswick, l'ouest de Terre-Neuve (île) et le nord-est de la Nouvelle-Écosse (Cap-Breton) sont les destinataires probables de ces immigrations de papillons (ÉA 3). La détection précoce des immigrations de masse et la réaction à ces dernières sont essentielles à l'efficacité de la SIP, et la prévention durable nécessite un traitement après l'immigration (ÉA 3, ÉA 10). Les populations se sont rapidement développées sur la partie ouest de l'île de Terre-Neuve. Des traitements insecticides dans le cadre d'une SIP sont appliqués depuis plusieurs années, mais leur effet sur le déclenchement des infestations est très peu connu. L'influence des ennemis naturels sur la TBE à Terre-Neuve-et-Labrador n'est pas encore connue (ÉA 12). Si elle est moindre qu'au Nouveau-Brunswick et dans d'autres régions du Canada, la probabilité d'une infestation sur l'île de Terre-Neuve serait plus élevée que dans les autres provinces de l'Atlantique. Même s'il est possible que l'Île-du-Prince-Édouard reçoive des papillons migrants à la suite d'une dispersion sur de longues distances, les populations de TBE demeureront probablement faibles (c'est-à-dire inférieures au seuil d'irruption) en raison de l'étendue limitée des forêts d'épinettes et de sapins sur l'île. Aucune infestation n'est anticipée dans cette dernière province.

Dans les régions où une stratégie de protection du feuillage, une coupe de récupération ou une coupe préventive sont appliquées, ces mesures n'auront aucune incidence sur la trajectoire d'une infestation en cours (ÉA 12, ÉA 14). La surveillance actuellement entreprise par les provinces pour orienter l'une ou l'autre de ces dernières approches de lutte semble suffisante pour atteindre leurs objectifs (ÉA 9). Si la surveillance pour la détection des points chauds dans une juridiction particulière où une SIP est appliquée ne permet pas de détecter des populations de petite taille, mais en expansion (c'est-à-dire le seuil d'irruption), la SIP peut cesser d'être une option de lutte valable lorsque les populations augmentent au-delà de la capacité de suppression d'une telle stratégie (ÉA 2, ÉA 3, ÉA 9).

Conséquences de l'occurrence

En caractérisant le risque lié aux conséquences de l'occurrence, nous tentons de répondre aux questions suivantes : Quel sera l'impact des infestations sur les forêts d'épinettes et de sapins et les valeurs qui en découlent? Quelle influence les activités d'atténuation auront-elles sur les conséquences des infestations?

Quelles seront les conséquences des infestations de TBE sur les forêts d'épinettes et de sapins?

Perte de volume commercial. Toutes les régions de l'est du Canada qui connaissent des infestations pluriannuelles perdront des volumes commerciaux d'épinettes et de sapins en raison de la mortalité et de la perte de croissance et, par conséquent, ces pertes affecteront l'approvisionnement en fibres des usines situées à proximité (ÉA 6). La sensibilité et la vulnérabilité varient selon les espèces d'arbres hôtes et les peuplements forestiers, en fonction de la proportion des différentes espèces d'arbres hôtes dans ces peuplements. Le sapin baumier et l'épinette blanche sont les hôtes préférés, suivis de l'épinette rouge et de l'épinette noire. Le sapin baumier est également plus vulnérable. Ainsi, plus la proportion de sapins baumiers est élevée dans un peuplement donné, plus les conséquences sont importantes. La tolérance à l'égard de ces impacts varie selon les régions (ÉA 6). Les régions dont l'approvisionnement en bois est sous-exploité sont plus susceptibles de compenser ces pertes de bois, car d'autres régions non endommagées ou moins endommagées peuvent être exploitées à la place (ÉA 6). La plupart des régions vulnérables de l'Ontario, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve entrent dans cette catégorie. D'autre part, le Nouveau-Brunswick, qui dispose d'un approvisionnement en bois complètement exploité, ne peut pas compenser les pertes et les infestations non maîtrisées affecteront directement l'industrie forestière de la province. Le Québec se situe entre ces deux derniers cas.

Modification du risque d'incendie. Il existe une relation claire, mais complexe entre les infestations et le risque d'incendie de forêt (ÉA 5). Les peuplements morts de sapins baumiers augmenteront la fréquence ou la taille des aires brûlées dans la plupart des régions de l'est du Canada qui sont sensibles aux infestations de TBE (ÉA 5). Ce risque aura tendance à être décalé de quelques années par rapport à la mortalité causée par la TBE. L'évolution du climat et les régimes météorologiques futurs qui en découleront devraient complexifier la

relation entre la TBE et les incendies, rendant ainsi l'évaluation des risques plus difficile (ÉA 5).

Conséquences sur la dynamique des écosystèmes. La réduction de la séquestration du carbone par les forêts est possible puisque les infestations de TBE peuvent transformer des régions de puits de carbone en sources de carbone (ÉA 7). Ce phénomène peut se produire dans les régions où aucune mesure de lutte contre la TBE n'a été prise. Dans les régions où des infestations de TBE surviennent périodiquement, l'intégrité de l'écosystème devrait résister aux infestations à long terme. Toutefois, on peut s'attendre à des effets négatifs à court terme sur certains biens et services écosystémiques (tels que les changements de succession immédiats, la diminution de la productivité nette de l'écosystème [PNE] et la diminution de la séquestration du carbone qui en découle) (voir ÉA 7). Dans la majeure partie de l'est du Canada, les infestations de TBE sont une composante intrinsèque de la dynamique forestière et nous nous attendons donc à ce que ces écosystèmes soient résilients à long terme si ces infestations surviennent dans le cadre de la variabilité naturelle et n'interagissent pas négativement avec d'autres agents ou facteurs de perturbation (ÉA 7). Les effets immédiats sur la succession varieront en fonction des caractéristiques du peuplement avant l'infestation et peuvent être prononcés. Il est important de noter qu'en façonnant et en entretenant les forêts, cette perturbation naturelle contribue intrinsèquement à la définition de l'intégrité de l'écosystème, plutôt que de l'affecter. Les nouveaux habitats (non adaptés à la TBE en raison de l'expansion vers le nord de l'aire de répartition de l'insecte induite par les changements climatiques) sont toutefois susceptibles d'être plus sensibles aux effets néfastes et peuvent également évoluer vers un type de forêt indésirable (ÉA 4, ÉA 7, ÉA 8). Les modifications de la biodiversité causées par la TBE dans la majeure partie de son aire de répartition traditionnelle devraient se situer dans la marge naturelle de variabilité (ÉA 7). Avec le déplacement ou l'expansion prévus des infestations de TBE vers des régions plus au nord, nous nous attendons à des conséquences plus importantes sur les services culturels des collectivités autochtones et rurales, ainsi que sur les aires protégées (ÉA 4, ÉA 8). La nature et la gravité de ces conséquences demeurent en grande partie inconnues, mais il est probable qu'elles augmenteront à long terme à mesure que le climat continuera à changer (ÉA 4). Les conséquences négatives sur les éléments des écosystèmes forestiers (directes et indirectes) des programmes d'épandage aérien contre la TBE, que ce soit dans le cadre d'une stratégie de protection du feuillage

ou d'une SIP, sont envisageables, mais peu probables, car la technologie de pulvérisation s'est considérablement améliorée en ce qui concerne l'application, la distribution et la dérive, et les produits insecticides utilisés ont beaucoup moins d'effets non désirés que ceux utilisés au cours des infestations précédentes (ÉA 15).

Autres répercussions potentielles

Des effets négatifs sur l'industrie du tourisme sont possibles, en particulier dans les endroits où les infestations se propagent librement, comme les parcs nationaux et provinciaux (ÉA 8).

Quelle influence les activités d'atténuation auront-elles sur les conséquences des infestations?

Dans les régions où la stratégie de protection du feuillage est employée pour la TBE, comme le Québec et l'Ontario, les zones traitées (y compris celles où des applications répétées peuvent être nécessaires) subiront une certaine perte de croissance chez le sapin baumier et l'épinette, mais on s'attend à une faible mortalité dans ces zones au cours de l'infestation, en particulier chez l'épinette qui est moins sensible (ÉA 13). En conséquence, tous les impacts négatifs dans les zones traitées seront nettement inférieurs à ceux résultant d'une infestation non atténuée. Les stratégies de coupe de récupération et de coupe préventive devraient se poursuivre au Québec et pourraient commencer en Ontario dans les régions où la stratégie de protection du feuillage n'est pas mise en œuvre (ÉA 14). Comme pour toutes les stratégies de lutte contre les ravageurs, l'objectif est d'atteindre les objectifs d'aménagement forestier et d'atténuer les conséquences négatives (ÉA 10-14). Il convient de noter que, par rapport à la superficie totale de l'infestation, seul un faible pourcentage des zones défoliées dans ces provinces est traité. Cependant, ces forêts sont également les plus productives et les plus importantes pour d'autres biens et services écosystémiques.

Risques découlant de l'interaction avec les changements climatiques

Le système de la TBE étant sensible à de nombreux facteurs liés au climat, il est probable que les changements climatiques exercent des influences multiples au cours des prochaines décennies (ÉA 4). Le système épinette-sapin-TBE est susceptible de changer, mais ces changements à moyen et long terme sont difficiles à

prévoir. Les changements affecteront sans doute à la fois la probabilité d'occurrence des infestations (par exemple, les infestations se produisant plus fréquemment et dans de nouvelles forêts nordiques) et les conséquences de telles occurrences, telles que des impacts plus marqués sur les forêts d'épinettes noires (étant donné que la phénologie de l'hôte et de l'insecte est mieux adaptée) (ÉA 4). La réduction des incertitudes décrites par la collecte de données de base supplémentaires et le suivi des changements dans le temps permettra de mieux caractériser les risques futurs liés aux changements climatiques (ÉA 4). Les fluctuations à court terme du système épinette-sapin-TBE dues aux changements climatiques peuvent surprendre l'écosystème en générant des perturbations temporaires de l'équilibre entre les forêts d'épinettes, la TBE et le climat, qui, ensemble, pourraient faire évoluer ces systèmes vers un nouveau type de forêt.

Niveaux de risque

Nous évaluons le risque selon un gradient allant de faible à élevé et différencié par région, le cas échéant. Nous évaluons les niveaux de risque pour chaque province dans la figure 2 (adaptée de la figure 7 du rapport complet).

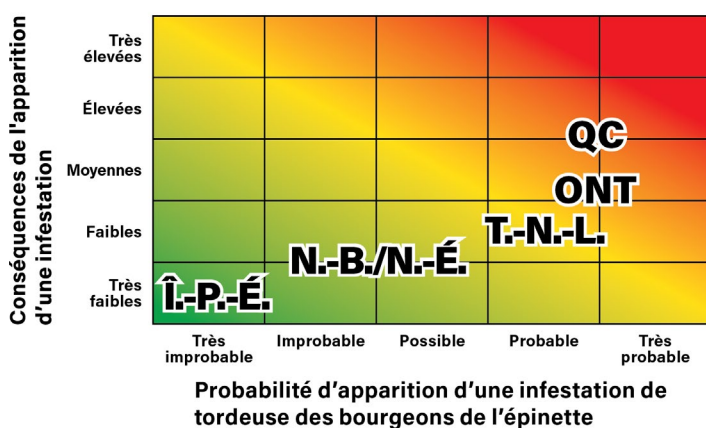


Figure 2. Matrice des risques montrant le niveau de risque pour chaque province au cours des 10 à 15 prochaines années, compte tenu de la stratégie ou des mesures de lutte contre la TBE prévues.

Avec la SIP actuelle appliquée au Nouveau-Brunswick, la province présente un faible risque d'infestation de TBE, car les populations restent endémiques et en deçà du seuil d'irruption. Si les populations dépassent le seuil ou si l'on décide d'appliquer plutôt la stratégie de protection du feuillage, le risque augmenterait pour devenir modéré à élevé, et l'infestation devrait se propager à travers la province au cours des prochaines années, menaçant l'approvisionnement en bois exploité. La perte de croissance et la mortalité pourraient être plus importantes que lors des infestations précédentes, car il est peu probable que des insecticides soient appliqués

à l'échelle de la province (comme ce fut le cas lors de l'infestation précédente), en raison des coûts élevés et de la perception négative que le public pourrait avoir des insecticides. Il est plus probable que la stratégie de protection du feuillage soit mise en œuvre dans les zones les plus prioritaires. L'adoption d'une politique d'inaction (c'est-à-dire qu'on laisse l'infestation de TBE suivre son cours sans intervenir) dans les forêts de la province est considérée comme très improbable et n'est pas examinée dans le présent rapport.

La Nouvelle-Écosse est un partenaire de la SIP dans le cadre du Partenariat pour une forêt en santé (partenariatforetsante.ca) et devrait appliquer cette stratégie si les niveaux de population le justifient. Le risque est donc faible. Bien que la dispersion massive sur de longues distances des papillons entraîne une augmentation des populations dans la province, le risque demeure faible si la SIP peut être appliquée en Nouvelle-Écosse comme au Nouveau-Brunswick. En revanche, si une stratégie de protection du feuillage est mise en œuvre à la place, le risque passe à moyen. Le risque est légèrement plus faible en Nouvelle-Écosse qu'au Nouveau-Brunswick, en raison de la moindre vulnérabilité des forêts et d'un approvisionnement en bois moins exploité.

La province de Terre-Neuve-et-Labrador applique la SIP dans les parties ouest de l'île principale, sur les terres publiques provinciales, mais pas dans le parc national du Gros-Morne, dont le paradigme de lutte contre les ravageurs est différent. L'efficacité de cette stratégie dans l'ouest de l'île de Terre-Neuve reste à déterminer, car il est beaucoup trop tôt pour détecter les effets de ces mesures. La superficie des forêts sensibles de l'île étant importante, l'impact potentiel d'une infestation sur les écosystèmes forestiers serait probablement considérable. Malgré une grande incertitude, on s'attend à ce que le niveau de risque à Terre-Neuve-et-Labrador soit plus élevé qu'au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, mais moins élevé qu'au Québec et en Ontario (voir ci-dessous).

L'Île-du-Prince-Édouard pourrait recevoir des papillons immigrants par dispersion sur de longues distances depuis le Québec ou le Nouveau-Brunswick si les populations devaient y augmenter, mais le risque d'une infestation de TBE y est très faible en raison de la quantité relativement faible de forêts d'épinettes et de sapins vulnérables sur l'île. Ainsi, les faibles populations actuelles de TBE, ainsi que le succès actuel de la SIP au Nouveau-Brunswick, devraient maintenir la pression exercée par les populations de TBE sur l'Île-du-Prince-Édouard (et le risque) à un niveau assez bas.

Le Québec possède de vastes zones de forêts sensibles et connaît depuis 2006 une infestation généralisée dans une grande partie de l'est et de l'ouest de la province. Bien que l'infestation semble avoir atteint son pic dans les régions de l'est du Québec et qu'elle puisse entamer une phase de déclin pour revenir à des niveaux de population endémiques, on peut s'attendre à encore plusieurs années de défoliation importante (en particulier dans l'ouest du Québec), ce qui rend le risque élevé dans les régions habituellement touchées par la TBE et moyen dans le nord, où les pertes de bois seront moins importantes d'un point de vue commercial, mais où les impacts écologiques potentiels peuvent être plus importants.

L'Ontario compte également de vastes zones de forêts d'épinettes et de sapins sensibles. Les zones d'infestation du nord-est de l'Ontario et de l'ouest du Québec font partie de la même infestation, qui s'étend de part et d'autre de la frontière provinciale. Le cycle de la population dans l'ouest du Québec suggère que le nord-est de l'Ontario sera exposé à un risque moyen à élevé pendant encore plusieurs années. Le nord-ouest de l'Ontario présente quant à lui un risque moyen, mais qui pourrait être inférieur à celui de la dernière infestation en raison des changements intervenus dans la composition des forêts depuis lors. Il en résultera une réduction de l'intensité des infestations et un décalage de 10 ans ou plus par rapport au nord-est de l'Ontario. La pression démographique sera interne, car la zone des points chauds probables est étendue. Par ailleurs, l'infestation actuelle dans le Minnesota pourrait constituer une source potentielle de femelles immigrantes. Dans le sud de l'Ontario, en raison

de l'effondrement plus récent de l'infestation précédente dans cette région, nous ne prévoyons pas une autre infestation dans les 10 à 15 prochaines années.

Lacunes dans les connaissances

Au cours de notre processus d'analyse des risques, nous avons décelé d'importantes lacunes dans les connaissances qui doivent être comblées pour réduire les incertitudes liées aux risques et aux connaissances en matière de TBE. Le tableau 2 présente un résumé de 15 des lacunes les plus importantes en matière de connaissances liées à chaque énoncé affirmatif discuté et examiné dans le cadre de ce processus. Ces énoncés affirmatifs et les lacunes dans les connaissances qui y sont associées peuvent être utilisés pour déterminer les domaines de recherche prioritaires. Il est de plus en plus reconnu que la compréhension de la dynamique des populations est essentielle à l'élaboration de politiques et de pratiques de lutte appropriées contre la TBE. Il est notamment essentiel que nous ayons une meilleure compréhension des mécanismes qui permettent d'éliminer et de maintenir les populations à des niveaux endémiques, des facteurs ou des changements qui entraînent l'apparition de populations à dynamique caractérisée par les irrptions et des causes de l'effondrement des populations touchées par les infestations. Ces données sont essentielles pour prévoir la période, le lieu, la gravité, la durée et l'impact des infestations de TBE. Elles sont également essentielles lors de la sélection des options de lutte : SIP, stratégie de protection du feuillage, coupe de récupération, coupe préventive, coupe accélérée, ou aucune action.

Tableau 2 : De nombreuses incertitudes ont été identifiées au cours du processus d'évaluation des risques liés aux infestations de TBE. Les éléments suivants, classés par ordre de priorité, doivent être pris en compte pour réduire les incertitudes liées aux énoncés affirmatifs discutés et examinés dans le cadre de ce processus. Les éléments supplémentaires nécessitant de la recherche plus approfondie pour les énoncés affirmatifs individuels sont énumérés dans le rapport complet.

Énoncé affirmatif	Réduire l'incertitude	Autorités en charge d'identifier les lacunes en matière de connaissances
ÉA 1 : Les infestations de TBE sont périodiques et les mécanismes d'irruption de la population sont bien maîtrisés	Déterminer les mécanismes d'irruption des populations endémiques.	B.J. Cooke, J. Régnière et J.-N. Candau
ÉA 2 : Les irrptions de population de TBE sont évitables	Caractériser les facteurs affectant la transition entre les épicentres et les infestations à grande échelle à l'aide d'une modélisation spatiale synthétique et d'une validation. Une grande partie de notre « compréhension » provient de l'écologie théorique, et non des mesures menées sur le terrain. Il s'agit d'un domaine de recherche urgent si nous voulons prévoir les risques liés à la TBE à l'horizon de 10 à 15 ans.	B.J. Cooke, J. Régnière et J.-N. Candau
ÉA 11 : L'application soutenue de la SIP à court terme (environ cinq années supplémentaires) réduira l'impact à long terme de la TBE dans le Canada atlantique	Surveiller et évaluer l'efficacité à long terme de la SIP dans le Canada atlantique.	J.J. Bowden, E.R.D. Moise et R.C. Johns

Énoncé affirmatif	Réduire l'incertitude	Autorités en charge d'identifier les lacunes en matière de connaissances
ÉA 3 : La dispersion sur de longues distances des papillons de la TBE est un facteur important dans les infestations	Lancer des recherches écophysiologiques sur les facteurs régissant le décollage et la capacité à poursuivre le vol afin d'améliorer la prévision de la première partie du vol. Des besoins semblables existent pour le pliage des ailes et la descente, suivis par le comportement de choix de l'hôte, en particulier pour le vol de nuit et lorsque les papillons sont contraints de descendre en raison de fronts de tempête convectifs.	B.J. Cooke, J. Régnière et J.-N. Candau
ÉA 13 : Une stratégie de protection du feuillage peut réduire les impacts de la TBE, mais ne modifiera pas de manière considérable la période, la durée ou les lieux de l'infestation	Utiliser et affiner les modèles de simulation pour étudier les conséquences de diverses hypothèses sur le rôle des ennemis naturels dans le contexte de l'application d'insecticides. En effet, le rôle des ennemis naturels dans le déclenchement du déclin dans les peuplements traités exige une plus grande attention.	B.J. Cooke, P. Therrien et L. Morneau
ÉA 10 : Certains éléments et principes essentiels de la SIP doivent être inclus pour une approche réussie de la lutte contre la TBE	Examiner l'application des principes de la SIP dans diverses juridictions, à différents endroits et selon différentes intensités d'infestations locales.	R.C. Johns, J.J. Bowden et E.R.D. Moise
ÉA 4 : Les changements climatiques modifient la distribution, l'échelle et l'intensité des infestations de TBE dans les forêts de l'est du Canada	Quantifier l'impact de la température sur le temps de développement de différentes espèces de parasitoïdes de la TBE et de leurs principaux hôtes de substitution, et développer des modèles de prédiction pour la performance et la distribution des parasitoïdes de la TBE dans différents scénarios de changements climatiques.	A.D. Roe, D.S. Pureswaran, J.J. Bowden, J. Régnière, E.R.D. Moise et V. Martel
ÉA 7 : L'intégrité de l'écosystème est généralement résiliente aux infestations naturelles de TBE, mais celles-ci modifient les propriétés à des échelles temporelles et spatiales plus courtes	Quantifier les impacts à long terme de la suppression des infestations de TBE sur les écosystèmes forestiers ayant évolué sous un régime de perturbation lié à la TBE dans le contexte des changements climatiques.	L.A. Venier, M. Stastny, C.B. Edge et J.J. Bowden
ÉA 6 : Les infestations de TBE peuvent avoir un impact négatif sur les valeurs marchandes et non marchandes des forêts	Améliorer les connaissances sur les attitudes, les préférences, la volonté de payer et les coûts des solutions de lutte contre la TBE. Ces connaissances permettraient de déterminer et de justifier les programmes de lutte contre la TBE et de sensibiliser le public, les intervenants directement concernés et les peuples autochtones aux options, aux possibilités et aux compromis possibles.	D.W. McKenney, E.S. Hope et V. Lantz
ÉA 14 : La coupe préventive et la coupe de récupération représentent d'autres approches de lutte contre la TBE	Créer de meilleurs outils pour (i) prédire les niveaux futurs de TBE et leur impact sur des valeurs multiples, et (ii) prédire les résultats écologiques des interventions proposées.	B.J. Cooke, P. Therrien, L. Morneau et J.P. Brandt
ÉA 12 : De multiples approches de lutte sont nécessaires pour réduire le risque de TBE dans différentes juridictions où il existe différents objectifs de lutte et contextes forestiers	Déterminer les conséquences non ciblées et en aval de la SIP par rapport à une stratégie de non-intervention sur la structure et la fonction de la communauté forestière.	J.J. Bowden, E.R.D. Moise et R.C. Johns
ÉA 15 : Toutes les options de traitement insecticide de la TBE ont un certain impact sur les organismes non ciblés	Quantifier les impacts des traitements insecticides contre la TBE sur d'autres espèces de lépidoptères (se nourrissant au printemps, en été et en automne) en fonction de la stratégie (SIP ou stratégie de protection du feuillage), du produit de traitement (<i>Btk</i> ou tébufénozide), de l'échelle spatiale d'application, ainsi que de la fréquence des traitements.	V. Martel, J.J. Bowden et E.R.D. Moise
ÉA 5 : Les infestations de TBE augmentent le risque d'incendie de forêt	Améliorer la caractérisation des types de combustibles liés à la TBE et intégrer ces types de combustibles dans les outils opérationnels et les cartes de combustibles grâce à la recherche empirique et à la surveillance.	L.M. Johnston et Y. Boulanger
ÉA 8 : Les infestations de TBE affecteront de manière considérable les services culturels d'importance critique pour les collectivités rurales et autochtones dans les zones gérées et protégées	Améliorer la compréhension des services culturels affectés, ou favorisés, par les infestations de TBE ou leur prévention, en particulier dans les collectivités rurales et isolées.	J.J. Bowden, D. Churchill, C.C. Sponarski et M. Stastny
ÉA 9 : Les méthodes et intensités de surveillance actuelles sont adéquates pour une lutte efficace contre la TBE	Améliorer la compréhension des types ou des combinaisons de méthodes de surveillance qui pourraient être utilisées pour surveiller les sites éloignés dans le cadre de la SIP et de la stratégie de protection du feuillage (c'est-à-dire les zones sans accès routier).	R.C. Johns, D. Carleton et J.P. Brandt

Le rôle de la dispersion des papillons dans les infestations est lié aux mécanismes précédents. Nous devons déterminer avec plus de précision si les infestations apparaissent d'elles-mêmes dans le paysage ou si les déplacements des papillons engendrent, accélèrent ou synchronisent des augmentations de populations locales qui se regroupent en grandes infestations régionales. Nous devons également savoir à quelle échelle ces interactions se produisent. Une telle compréhension permet de sélectionner avec plus de confiance les stratégies de lutte appropriées.

En effet, une meilleure compréhension de la manière dont les interactions dans le système de la TBE affectent la santé et la résilience des forêts d'épinettes et de sapins permettra d'améliorer les politiques et les pratiques d'aménagement forestier. Ces interactions comprennent les composantes naturelles du système, telles que les feux de forêt, le climat, les oiseaux, les décomposeurs, les petits et grands mammifères, les systèmes aquatiques, les espèces en péril, les sols et la séquestration du carbone (c'est-à-dire les biens et services écosystémiques). Cette compréhension doit également prendre en compte

les effets des stratégies de lutte sur la santé et la résilience globales des écosystèmes forestiers, ainsi que le continuum d'échelles spatiales et temporelles, des différents peuplements aux paysages, et du court au long terme, auxquelles la gestion de la TBE peut avoir un impact sur les différentes composantes du fonctionnement écologique.

La lutte contre la TBE et l'aménagement forestier en général bénéficieront d'une meilleure compréhension des coûts et des avantages des options disponibles. Les coûts et avantages à prendre en compte sont d'ordre économique, social et écologique. Il est essentiel de prendre en compte les coûts et les avantages de l'inaction. En réalité, connaître l'efficacité relative et les conséquences des différentes options de lutte contre la TBE est crucial pour décider de l'option, ou de la combinaison d'options, la plus susceptible d'offrir le rapport coût/bénéfice le plus favorable et d'aboutir aux résultats souhaités. Un thème dominant de cette évaluation des risques est la comparaison entre une SIP et une stratégie de protection du feuillage. D'autres options, telles que la coupe de récupération ou la coupe accélérée,

devraient également être envisagées. Les gestionnaires de ressources doivent être en mesure de prendre des décisions en connaissance de cause avant l'apparition d'une infestation ou au moins, aux phases initiales d'une infestation, sur les tactiques à déployer, quand, où, pendant combien de temps, avec quelles ressources, à quel coût et à quelle échelle.

Enfin, les implications des changements climatiques constituent un autre axe de recherche non négligeable. La grande incertitude qui entoure ce phénomène est susceptible d'avoir une incidence sur toutes les autres questions soulevées dans la présente évaluation des risques. Les changements climatiques pourraient également perturber et modifier le système de la TBE à tel point que notre compréhension actuelle de l'écologie et de la lutte contre la TBE ne serait plus juste ou applicable. La recherche visant à combler les lacunes en matière de connaissances sur la TBE est essentielle pour améliorer l'aménagement des forêts face aux infestations de cet insecte et pour minimiser les conséquences négatives futures tout en maintenant la résilience à long terme des forêts.

Conclusions

Au cours des 125 dernières années, la TBE a eu un impact majeur sur la pratique de la foresterie. Tant que l'insecte continuera à affecter les objectifs en matière d'aménagement forestier, on peut s'attendre à ce qu'il en soit de même à l'avenir. La lutte contre la TBE a évolué au fur et à mesure que nos connaissances se sont enrichies. Les responsables de la lutte contre les ravageurs ou les aménagistes forestiers qui s'occupent des infestations de TBE utilisent actuellement un large éventail de tactiques. Ces tactiques dépendent des objectifs d'aménagement forestier ou du territoire pour une zone donnée. On reconnaît également que la TBE et les mesures de lutte contre ce ravageur comportent à la fois des coûts et des avantages. C'est pourquoi ces éléments doivent être soigneusement pris en compte lors de la prise de décision concernant l'option de lutte la plus appropriée, y compris la non-intervention, pour une zone donnée.

Les paradigmes de l'aménagement forestier ont également évolué. En effet, au cours des deux précédentes infestations de TBE, les paradigmes d'aménagement forestier sont passés d'un aménagement à rendement soutenu à un aménagement forestier polyvalent et, enfin, à un aménagement intégré des ressources forestières. Plus récemment, l'aménagement forestier s'est concentré sur la durabilité et la résilience des écosystèmes, sur une gamme plus complète de biens et de services écologiques, sur l'émulation des perturbations naturelles et sur l'aménagement axé sur l'écosystème. Ces derniers paradigmes visent un large éventail d'objectifs, notamment le maintien de la biodiversité ainsi que l'intégrité et la résilience des écosystèmes (face aux perturbations) en réduisant ou en minimisant les écarts entre les forêts aménagées et les forêts naturelles, tout en continuant à fournir une variété de produits, notamment le bois, et de services non marchands. La valeur des forêts ne se limite pas au bois : la biodiversité, la séquestration du carbone, la qualité et la quantité de l'eau en sont des aspects essentiels et actuels, en particulier dans le contexte du changement mondial. Ces espaces ont également une valeur culturelle pour les

peuples autochtones qui détiennent des connaissances sur ces écosystèmes et utilisent ces forêts à des fins multiples. Ainsi, toute intervention de lutte contre la TBE doit tenir compte de ces objectifs généraux au moment du choix de l'approche ou des approches de gestion les plus appropriées.

L'aménagement des écosystèmes implique de prendre en compte les interactions entre les composants de l'écosystème et la manière dont les mesures de lutte peuvent les affecter. Un élément clé de cette compréhension est que la TBE est une composante naturelle des forêts d'épinettes et de sapins. C'est particulièrement vrai pour les forêts boréales d'épinettes et de sapins, où les infestations périodiques de TBE constituent un élément majeur des schémas de perturbation à grande échelle, au même titre que les incendies et les tempêtes de vent. Ces événements ont également une incidence les uns sur les autres, puisqu'ils s'ajoutent les uns aux autres, conduisent les uns aux autres ou s'inhibent les uns les autres. Les conséquences indirectes des mesures de lutte (par exemple, la diminution ou l'augmentation de la proportion de sapin baumier à la suite de la coupe ou de la suppression des incendies de forêt) peuvent exacerber ou atténuer ces perturbations. De même, les stratégies de lutte directes, telles qu'une stratégie de protection du feuillage pendant les infestations de TBE ou la prévention des infestations par le biais de la SIP, pourraient affecter les valeurs de l'écosystème, en fonction de l'échelle à laquelle les mesures sont prises. Avec la stratégie de protection du feuillage, il est important de tenir compte du fait que même si, en général, seule une petite superficie de forêt est traitée, cette forêt est généralement la plus productive et contient le bois de plus grande valeur. Avec la SIP en revanche, la fluctuation de la population de TBE et ses conséquences sont évitées. Par conséquent, la politique de lutte contre la TBE doit prendre en compte les risques écologiques liés à la gestion ou à la non-gestion des infestations de TBE.

