



# Cultiver la diversité

Le comité d'experts sur les risques pour la santé  
des végétaux au Canada





# Cultiver la diversité

Le comité d'experts sur les risques pour la santé  
des végétaux au Canada



## **Conseil des académies canadiennes** **180, rue Elgin, bureau 1401, Ottawa (Ontario) Canada K2P 2K3**

Le projet sur lequel porte ce rapport a été entrepris avec l'approbation du conseil d'administration du Conseil des académies canadiennes (CAC). Les membres du conseil d'administration sont issus de la Société royale du Canada (SRC), de l'Académie canadienne du génie (ACG) et de l'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS), ainsi que du grand public. Les membres du comité d'experts responsables du rapport ont été choisis par le CAC en raison de leurs compétences particulières et dans le but d'obtenir un éventail équilibré de points de vue.

Ce rapport a été préparé pour le gouvernement du Canada à la demande de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Les opinions, les constatations et les conclusions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs, le comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada, et ne représentent pas nécessairement les opinions de leurs organisations d'affiliation ou d'emploi, ou de l'organisation commanditaire, l'ACIA.

### **Bibliothèque et Archives Canada**

ISBN : 978-1-990592-07-2 (livre)

978-1-990592-06-5 (livre électronique)

### **Ce rapport devrait être cité comme suit :**

Conseil des académies canadiennes, 2022. *Cultiver la diversité*. Ottawa, ON, Comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada, Conseil des académies canadiennes.

### **Avis de non-responsabilité**

Au meilleur de la connaissance du CAC, les données et les informations tirées d'Internet qui figurent dans ce rapport étaient exactes à la date de publication du rapport. En raison de la nature dynamique d'Internet, des ressources gratuites et accessibles au public peuvent subséquemment faire l'objet de restrictions ou de frais d'accès, et l'emplacement des éléments d'information peut changer lorsque les menus et les pages Web sont modifiés.



© 2022 Conseil des académies canadiennes  
Imprimé à Ottawa, Canada



Ce projet a été rendu possible grâce  
au soutien du gouvernement  
du Canada



Le comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada tient à remercier les Premières Nations, les Inuits et les Métis qui ont vécu en harmonie avec la flore sur les terres désormais appelées « Canada ». Depuis des générations, les végétaux font partie intégrante du mode de vie des Autochtones. Ils leur fournissent nourriture et médicaments et constituent les pierres angulaires de la culture, des traditions et de la spiritualité.

Le présent rapport a été réalisé sur les territoires ancestraux, non cédés et cédés de nombreuses nations autochtones, où les gens entretiennent des relations réciproques avec les végétaux depuis des millénaires. Le Conseil des académies canadiennes (CAC) reconnaît que ses bureaux d'Ottawa sont situés sur le territoire ancestral non cédé de la nation algonquine Anishinaabe, qui a pris soin de la terre, de l'eau et de l'air de ce territoire pendant des millénaires et continue de le faire aujourd'hui.

Bien que nos bureaux se trouvent à un seul endroit, notre travail visant à soutenir les décisions fondées sur des données probantes a une grande incidence potentielle dans tout le Canada. Ce travail peut en effet contribuer à des actions collectives pour gérer les risques phytosanitaires, d'une manière habilitant la prise de décision par les Autochtones et tenant compte de leurs systèmes de connaissances dans un cadre éthique.

Le CAC reconnaît l'importance de s'appuyer sur un large éventail de connaissances et d'expériences pour éclairer l'élaboration de politiques qui permettront de bâtir une société plus forte, plus équitable et plus juste.

## Le Conseil des académies canadiennes

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui réalise des évaluations spécialisées indépendantes, étayées scientifiquement et faisant autorité, dans le but d'éclairer l'élaboration de politiques publiques au Canada. Dirigé par un conseil d'administration et conseillé par un comité consultatif scientifique, le CAC a pour champ d'action la science au sens large, ce qui englobe les sciences naturelles, les sciences humaines et sociales, les sciences de la santé, le génie et les lettres. Les évaluations du CAC sont effectuées par des comités pluridisciplinaires indépendants d'experts provenant du Canada et de l'étranger. Ces évaluations visent à cerner des problèmes nouveaux, des lacunes de nos connaissances, les atouts du Canada, ainsi que les tendances et les pratiques internationales. Ces études fournissent aux décideurs gouvernementaux, aux universitaires et aux parties prenantes l'information de grande qualité dont ils ont besoin pour élaborer des politiques publiques éclairées et innovatrices.

Tous les rapports d'évaluation du CAC sont soumis à un examen formel. Ils sont publiés et mis à la disposition du public sans frais. Des fondations, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et tout ordre de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation.

[www.rapports-cac.ca](http://www.rapports-cac.ca)

 @cca\_reports

# Les Académies

Le CAC est soutenu par ses trois académies fondatrices :

## **La Société royale du Canada (SRC)**

Fondée en 1882, la SRC comprend l'Académie des arts, des lettres et des sciences, ainsi que le tout premier organisme canadien de reconnaissance multidisciplinaire destiné à la nouvelle génération d'intellectuels canadiens : le Collège de nouveaux chercheurs et créateurs en art et en science. Sa mission consiste à reconnaître les plus éminents intellectuels, chercheurs et créateurs, à conseiller les gouvernements et les organisations, et à favoriser l'avancement du savoir et de l'innovation au Canada avec d'autres académies nationales partout dans le monde.

## **L'Académie canadienne du génie (ACG)**

L'ACG est l'organisme national par l'entremise duquel les ingénieurs les plus chevronnés et émérites du Canada offrent des conseils stratégiques sur des enjeux d'importance primordiale pour le pays. L'ACG est un organisme indépendant, autonome et à but non lucratif qui a été fondé en 1987. Les Fellows de l'ACG sont nommés et élus par leurs pairs, en fonction de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein de la profession d'ingénieur. Les Fellows de l'ACG s'engagent à faire en sorte que l'expertise du Canada en ingénierie soit mise à contribution pour le plus grand bien de tous les Canadiens et de toutes les Canadiennes.

## **L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS)**

L'ACSS reconnaît l'excellence dans les sciences de la santé en nommant ses membres en fonction de leurs réalisations exceptionnelles dans les disciplines universitaires des sciences de la santé au Canada et de leur volonté de servir le public canadien. L'ACSS fournit des évaluations opportunes, factuelles et impartiales sur des sujets qui touchent la santé de la population canadienne, et recommande des solutions stratégiques et réalisables. Fondée en 2004, l'ACSS nomme de nouveaux membres sur une base annuelle. L'ACSS est dirigée par un conseil d'administration constitué de volontaires et par un comité de direction.

# Comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada

Sous la direction de son Comité consultatif scientifique, de son Conseil d'administration et des Académies fondatrices, le CAC a constitué le **comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada** afin d'entreprendre ce projet. Chaque expert a été sélectionné pour ses connaissances, son expérience et son leadership démontré dans des domaines pertinents.

**Deborah Buszard (présidente)**, professeure de biologie, Université de la Colombie-Britannique, campus d'Okanagan, et professeure émérite, Université McGill (Kelowna, C.-B.)

**Kyle Bobiwash**, professeur adjoint, érudit autochtone, Département d'entomologie, Université du Manitoba (Winnipeg, Man.)

**Sophia Boivin**, directrice, La Financière agricole du Québec (Québec, Qc)

**Kelly Bronson**, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la science et la société et professeure adjointe, École d'études sociologiques et anthropologiques, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

**Anita Brûlé-Babel**, professeure, Département des sciences végétales, Université du Manitoba (Winnipeg, Man.)

**Kate Congreves**, professeure adjointe, Département des sciences végétales, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

**Rory Degenhardt**, chef du groupe de recherche en sciences des grandes cultures (Canada), Corteva Agriscience (Edmonton, Alb.)

**Alanna Koch**, présidente du conseil d'administration, Institut mondial pour la sécurité alimentaire (Saskatoon, Sask.)

**Christian Messier, MSRC**, professeur d'écologie forestière et foresterie urbaine, Université du Québec en Outaouais et professeur, Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal (Gatineau, Qc)

**Harry Nelson**, professeur agrégé, Faculté de foresterie, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

**Peter W.B. Phillips**, professeur distingué, Johnson Shoyama Graduate School of Public Policy, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

**M. A. (Peggy) Smith**, professeure émérite, Faculté de gestion des ressources naturelles, Université Lakehead (Thunder Bay, Ont.)

**Clarence Swanton**, professeur émérite, Département d'agriculture des plantes, Université de Guelph (Guelph, Ont.)

**Danielle Way**, professeure agrégée, Département de biologie, Université Western (London, Ont.)

## Message du président-directeur général

Nous constatons l'abondance des arbres, des arbustes, des herbes et des cultures qui parsèment le paysage canadien, mais dans quelle mesure apprécions-nous l'importance des végétaux dans notre vie quotidienne, qui nous fournissent pourtant la nourriture que nous mangeons, l'air que nous respirons, sans oublier les médicaments que nous prenons? Les végétaux sont en fait indispensables à notre bien-être économique et social, les secteurs de l'agriculture et de la foresterie étant des employeurs clés dans de nombreuses communautés rurales, éloignées et autochtones.

Malgré leur abondance, les végétaux sont confrontés à de nombreuses menaces, comme les températures à la hausse, la modification du régime des précipitations, les événements météorologiques extrêmes, les maladies et les nouveaux prédateurs. Au cours de l'été 2021, nous avons été témoin des effets dévastateurs de la sécheresse et des températures record partout au Canada et dans de nombreuses régions du monde, où les forêts ont massivement brûlé. Ces événements nous rappellent que les risques phytosanitaires peuvent avoir des répercussions sur l'économie, la production alimentaire, les activités forestières, la qualité de l'air, et même sur les foyers comme les entreprises.

Le Canada a une géographie vaste et diversifiée. Il est actif au sein des systèmes commerciaux internationaux et se caractérise par sa variété d'approches de gestion et le partage des responsabilités entre divers ordres de gouvernement et d'autres acteurs. Voilà autant d'aspects qui compliquent sa capacité à faire face aux risques phytosanitaires. Reconnaisant le rôle essentiel que jouent les végétaux dans notre vie, l'Agence canadienne d'inspection des aliments a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) d'examiner les risques actuels et émergents les plus importants pour la santé des végétaux au Canada. Les membres du comité d'experts possèdent une expertise dans les domaines de l'agriculture et de la science des cultures, de la foresterie, de l'économie et du commerce, des changements climatiques, de la politique et de la réglementation relatifs aux végétaux, ainsi que des conséquences sociales des risques phytosanitaires comme des stratégies d'atténuation. Le rapport intitulé *Cultiver la diversité* détaille les nombreux risques existants et émergents pour la santé des végétaux et offre un aperçu des pratiques prometteuses qui peuvent contribuer à les atténuer.

Je remercie la présidente du comité d'experts, Deborah Buszard, et tous les membres pour les nombreux mois de travail consacrés à ce rapport, qui a été réalisé virtuellement pendant la COVID-19. Ils ont entrepris cette démarche à un moment de grande incertitude, et leur souplesse et leur patience se sont révélées

admirables. Au cours de l'évaluation, le conseil d'administration du CAC, le Comité consultatif scientifique et les académies fondatrices (la Société royale du Canada, l'Académie canadienne du génie et l'Académie canadienne des sciences de la santé) ont fourni des orientations et assuré une supervision essentielle. Je leur adresse à tous mes remerciements.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Eric M. Meslin', with a stylized flourish at the end.

**Eric M. Meslin, Ph. D., MSRC, MACSS**

Président-directeur général du Conseil des académies canadiennes



## Message de la présidente

Les végétaux soutiennent la vie sur notre planète depuis des millénaires, procurant nourriture, abri et air pur. En outre, ils sont d'une importance fondamentale pour la société humaine, car ils fournissent des services économiques, culturels, médicaux, récréatifs et esthétiques dont nous profitons tous. Ils sont, à tous égards, vitaux pour notre survie collective. Mais de plus en plus, la santé et le bien-être des végétaux dont nous dépendons sont confrontés à de graves menaces qui ont des conséquences environnementales, économiques et sociales potentiellement dévastatrices.

Les modifications de l'environnement et de l'utilisation des sols, ainsi que l'introduction de nouveaux organismes nuisibles, exercent une pression accrue sur les végétaux. Bien que ces défis ne soient pas nouveaux, ils sont exacerbés par les changements climatiques, la mondialisation du commerce et de la circulation des personnes, sans parler des problèmes de gouvernance au sein d'un système de contrôle phytosanitaire pancanadien et international complexe. Nous ignorons encore beaucoup de choses sur les conséquences de ces facteurs de stress sur les végétaux et sur les interactions entre les plantes, les organismes nuisibles et leur environnement. Nous savons cependant que si ces changements ne sont pas gérés efficacement, ils pourraient perturber la stabilité des écosystèmes et des environnements qui dépendent des végétaux, ce qui aurait des répercussions sur le climat, la santé humaine et animale, la biodiversité et la sécurité alimentaire.

Bien que le présent rapport se concentre sur les végétaux entretenus principalement pour leur rendement économique – cultures agricoles et forêts – le comité d'experts reconnaît l'importance de préserver la santé des végétaux dans tous les écosystèmes. À cette fin, il a constaté qu'une approche phytosanitaire qui accorde la priorité aux valeurs économiques et écologiques a le potentiel d'accroître la résilience des végétaux, de soutenir la biodiversité et la conservation des terres et de contribuer à l'atténuation des changements climatiques. De plus, un dialogue porteur avec les peuples autochtones est essentiel pour assurer leur avenir, ainsi que la santé et la durabilité futures des divers écosystèmes du Canada. L'inclusion des connaissances autochtones peut en outre offrir des possibilités de collaboration et d'apprentissage dans des domaines comme l'élaboration de politiques, le suivi, la détection et la gestion des risques.

Les innovations technologiques peuvent également aider à faire face à de nombreux risques pour la santé des végétaux. Par exemple, la télédétection comme l'agriculture et la foresterie de précision s'appliquent efficacement à la gestion de l'utilisation des terres et peuvent contribuer à atténuer l'incidence des changements climatiques et des épidémies de phytoravageurs, tandis que la

sélection des végétaux permet de développer des variétés de cultures mieux adaptées aux risques existants et émergents. Il est primordial que le Canada continue de soutenir la recherche et le développement de haut niveau qui sont essentiels pour assurer la santé, la durabilité et la compétitivité mondiale de ses secteurs agricole et forestier. Les défis auxquels sont confrontés les végétaux évoluent rapidement. En conséquence, nos approches de la protection phytosanitaire doivent suivre si nous voulons préserver la richesse et la subsistance qu'elles continuent de nous apporter.

Je tiens à remercier les membres du comité d'experts qui ont tous généreusement consacré leur temps à ce projet et apporté leur expertise au cours de l'année écoulée. J'aimerais particulièrement souligner leur engagement soutenu pendant la pandémie de COVID-19, où nous avons travaillé en mode entièrement virtuel. Je tiens aussi à remercier le personnel du CAC pour l'excellence de ses recherches, ses conseils, son soutien et sa réactivité tout au long du processus. Ce projet a également été façonné par les pairs examinateurs et les experts bénévoles qui ont donné de leur temps pour réviser et apporter leur contribution, et par les érudits autochtones qui nous ont généreusement éclairés de leurs connaissances. Au nom du comité d'experts, je tiens à dire merci à toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce rapport.



**Deborah Buszard, Ph. D.**

Présidente, comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada

# Équipe de projet du Conseil des académies canadiennes

Équipe d'évaluation :

**Anita Melnyk**, directrice de projet

**Amanda Bennett**, associée de recherche

**Teresa Iacobelli**, associée de recherche

**Ricardo Pelai**, chercheur

**Agnes Sternadel**, coordonnatrice de projet

**Kundai Sibanda**, coordonnatrice de projet

**Tijs Creutzberg**, directeur des évaluations

Avec l'aide de :

**Conception**

gordongroup

**Révision**

Jody Cooper

**Illustration**

Amanda Bennett

**Traduction En-Fr**

Édition Électronique META (Dany Gagnon) Traductions Anne-Marie Mesa

## Examen du rapport

La version préliminaire de ce rapport a été revue par des examinateurs choisis par le CAC pour la diversité de leurs points de vue et de leurs domaines d'expertise.

Les examinateurs ont évalué l'objectivité et la qualité du rapport. Le comité a examiné intégralement leurs observations confidentielles et a intégré bon nombre de leurs suggestions. Le CAC ne leur a pas demandé d'en cautionner les conclusions, et ils n'ont pas vu la version finale avant publication. La responsabilité du contenu final de ce rapport incombe entièrement au comité qui l'a rédigé et au CAC.

Le CAC tient à remercier les personnes suivantes pour leur examen du présent rapport :

**Tracey Baute**, entomologiste des grandes cultures, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (Ridgetown, Ont.)

**Alison Blay-Palmer, MSRC**, professeure, titulaire de la Chaire UNESCO sur les études alimentaires, la biodiversité et la durabilité, Université Wilfrid Laurier (Waterloo, Ont.)

**Sheila Colla**, professeure adjointe, Faculté des changements environnementaux et urbains, Université York (Toronto, Ont.)

**Lauren Comin**, directrice de la recherche, Alberta Wheat Commission et Alberta Barley (Calgary, Alb.)

**Jennifer Grenz**, chargée de cours à temps partiel, Faculté des systèmes terrestres et alimentaires, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

**Brendon Larson**, professeur, Faculté de l'environnement, des ressources et de la durabilité, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

**Kim McConnell, C.M.**, président, Centre canadien pour l'intégrité des aliments (Okotoks, Alb.)

**Kurt Niquidet**, vice-président et économiste en chef, BC Council of Forest Industries; professeur adjoint, Faculté de foresterie, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

**Kevin M. Potter**, professeur de recherche, College of Natural Resources, NC State University (Raleigh, NC)

**Terre Satterfield**, professeure de culture, risque et environnement, Institut des ressources, de l'environnement et de la durabilité, Université de Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

**Nancy J. Turner, C.M., MSRC**, professeure émérite, Études environnementales, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

**Chris van Kessel**, professeur distingué émérite, Department of Plant Sciences, University of California – Davis (Davis, CA)

**Alfons Weersink**, professeur, Département d'alimentation, agriculture et économie des ressources, Université de Guelph (Guelph, Ont.)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil d'administration et du comité consultatif scientifique du CAC, par **John P. Smol, Ph. D., OC, MSRC, FRS**. M. Smol est titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les changements environnementaux et professeur distingué, Département de biologie, Université Queen's. Son rôle était de veiller à ce que le comité d'experts prenne en considération de façon entière et équitable les avis des examinateurs. Le conseil d'administration du CAC n'autorise la publication du rapport d'un comité d'experts qu'une fois que les exigences de la révision par les pairs sont satisfaites. Le CAC remercie M. Smol d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

## Remerciements

Au cours de ses délibérations, le comité d'experts s'est entretenu avec plusieurs organisations et personnes qui lui ont fait part de leurs expériences et de leurs connaissances. Le comité souhaite remercier les personnes suivantes pour leur participation :

**Jeanette Armstrong**, professeure d'études autochtones et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur les connaissances et la philosophie des peuples autochtones d'Okanagan, Université de la Colombie-Britannique – Campus d'Okanagan

**Barry Gibbs**, directeur général, Conseil canadien sur les espèces envahissantes

**Brent Larson**, chef de l'unité de facilitation de la mise en œuvre, Convention internationale pour la protection des végétaux

**Henry Lickers**, commissaire canadien, Commission mixte internationale

**Nicolas Mansuy**, chercheur, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada

**Larry McDermott**, directeur général, Plenty Canada

**John Sulik**, professeur adjoint, Département d'agriculture des plantes, Université de Guelph

**Nancy J. Turner, C.M., MSRC**, professeure émérite, Études environnementales, Université de Victoria



## Sommaire

Les végétaux font partie intégrante de l'environnement et du bien-être des gens au Canada. Ils forment une part importante de la diversité de la vie et fournissent un habitat pour une myriade de créatures. Ils sont à la base des aliments que nous consommons. Ils servent à fabriquer médicaments, fibres et bois d'œuvre. Enfin, ils contribuent à régénérer les sols, à filtrer l'eau et à fixer le carbone, tout en produisant l'oxygène que nous respirons. Les végétaux sous-tendent les relations fondamentales que les humains entretiennent avec la terre et définissent les divers paysages dans lesquels nous vivons. Ils sont également essentiels à l'économie canadienne : les secteurs primaires de l'agriculture et de la foresterie emploient près d'un demi-million de personnes, contribuent à presque 3 % du PIB total du Canada et sont les principales sources de bien-être économique pour de nombreuses collectivités. Reconnaisant l'importance et le rôle essentiel des végétaux dans le maintien d'une variété de biens économiques et sociaux – de la sécurité alimentaire à la durabilité environnementale en passant par la santé publique – l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) de répondre à la question suivante :



**Quels sont les risques actuels et émergents les plus importants pour la santé des végétaux au Canada?**

Afin d'y répondre, le CAC a réuni un groupe multidisciplinaire de 14 experts (le comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada, ci-après le comité). Ses membres possèdent des connaissances et de l'expérience dans les domaines de l'agriculture et des sciences horticoles; de la foresterie, de l'économie et du commerce; des changements climatiques; des politiques et de la réglementation relatives aux végétaux; ainsi que des répercussions sociales des risques phytosanitaires comme des stratégies d'atténuation. Bien que l'évaluation du comité ait porté principalement sur les végétaux ayant une importance économique (c.-à-d. ceux qui sont liés à l'agriculture et à la foresterie), le présent rapport traite également des risques dans d'autres écosystèmes au Canada.

## Principales constatations

Le comité a défini *la santé des végétaux* comme la capacité de ces derniers à maintenir leurs fonctions écosystémiques, y compris les fonctions d’approvisionnement (nourriture, bois, fibres), de régulation (qualité de l’eau et de l’air), de soutien (cycle des nutriments, formation des sols) et culturelles (loisirs, éducation, spiritualité). Les risques pour la santé des végétaux (« risques phytosanitaires ») ont le potentiel de se répercuter négativement sur les fonctions écosystémiques de toute forme de vie végétale, et peuvent émaner de n’importe quel organisme, système ou processus. La portée et la gravité potentielles de ces risques varieront selon la géographie du Canada, ainsi qu’au fil du temps et selon le jugement des différents acteurs, secteurs et collectivités. Ainsi, le comité n’a pas trouvé de réponse unique à la caractérisation ou à la priorisation des risques actuels et émergents pour la santé des végétaux au Canada ni à la pertinence de mesures d’atténuation particulières pour un risque donné. En effet, divers acteurs œuvrent dans le système de contrôle phytosanitaire, dont certains peuvent avoir des points de vue différents ou divergents, reflétant les contextes et les préoccupations locales (p. ex. les types de cultures, la taille des exploitations agricoles, les pratiques forestières, les stratégies de gestion). Cependant, le comité s’est mis d’accord sur les types de risques qui peuvent avoir une incidence sur la santé des végétaux, sur les caractéristiques des plantes et des systèmes végétaux qui sont vulnérables aux risques – de même que sur les points communs entre les stratégies visant à soutenir la résilience (c’est-à-dire la capacité à maintenir ou à rétablir la fonction écosystémique pendant ou après un événement indésirable).

### **Le comité a cerné trois grandes catégories de risques pour la santé des végétaux :**

**Les changements environnementaux**, y compris la hausse des températures, les événements météorologiques extrêmes, la modification des régimes de précipitations et les changements d’affectation des terres.

**Les organismes nuisibles**, y compris les prédateurs (insectes), les concurrents (mauvaises herbes) et les maladies (agents pathogènes).

**Les questions de gouvernance**, notamment les défaillances en matière de surveillance, de communication et de coordination entre les acteurs concernés par le système de contrôle phytosanitaire.

Les principaux facteurs aggravants – changements climatiques, circulation des personnes et des marchandises, et processus évolutifs – peuvent accroître la probabilité d’événements indésirables, la rapidité des changements et la gravité des incidences potentielles sur la santé des végétaux. Ces facteurs peuvent agir directement sur les organismes nuisibles, les végétaux et l’environnement, mais

aussi indirectement en modifiant les relations entre les végétaux, les organismes nuisibles et l'environnement. En outre, les interactions entre les facteurs aggravants (p. ex. les changements environnementaux qui favorisent l'établissement de nouveaux phytoravageurs) peuvent soudainement accélérer et amplifier les événements indésirables, ce qui rend l'évaluation comme la gestion des risques phytosanitaires plus complexes et incertaines.

### **Le rythme rapide des changements environnementaux met à mal la capacité d'adaptation des populations végétales et du système de contrôle phytosanitaire.**

Les végétaux ont besoin d'un climat adapté et d'une hygrométrie suffisante pour se développer de manière optimale. Bien que les changements de ces composantes abiotiques (c.-à-d. non vivantes) se produisent naturellement, les changements climatiques (y compris des températures plus élevées et des événements météorologiques extrêmes plus fréquents et plus intenses comme les sécheresses, les tempêtes et les feux irréguliers) intensifient ces variations et les rendent plus difficiles à prévoir et à atténuer. Les menaces environnementales pesant sur la santé des végétaux sont interconnectées et peuvent avoir des effets cumulatifs et reliés entre eux. Ainsi, les changements climatiques, combinés à la conversion des terres (p. ex. pour l'agriculture, la foresterie ou l'urbanisation) et aux modifications de la répartition des organismes nuisibles, altèrent la qualité, la disponibilité et la connectivité des habitats végétaux, provoquant le déclin de la biodiversité indigène. Ces risques environnementaux causent également une mortalité importante des végétaux et des dommages substantiels, ce qui entraîne des changements dans la quantité comme la qualité des écosystèmes naturels, des cultures agricoles et de l'approvisionnement en bois d'œuvre au Canada. La santé du sol et les services de pollinisation, qui sont essentiels à la santé des végétaux, sont également touchés par les changements d'affectation des terres, les changements climatiques et les organismes nuisibles.

Lorsque les habitats changent, les populations végétales doivent modifier leur répartition et s'adapter aux conditions changeantes, sans quoi elles disparaissent. Toutefois, elles risquent de ne pas pouvoir s'adapter assez rapidement pour se développer de manière optimale, voire pour survivre, face à l'accélération et à l'imprévisibilité de l'évolution des conditions climatiques et des populations d'organismes nuisibles, surtout en combinaison avec des facteurs comme l'urbanisation. De même, le système de contrôle phytosanitaire lui-même – les instances et les personnes chargées de protéger la santé des végétaux au Canada – devra faire face à des menaces dont l'apparition est moins prévisible et la portée plus incertaine. Les efforts déployés par les acteurs du système de contrôle phytosanitaire canadien se sont concentrés sur l'innovation et la technologie, qui

ont permis d'atténuer certains des risques actuels et émergents; toutefois, l'ampleur, la gravité et la fréquence des changements environnementaux futurs constitueront un défi constant. L'approche de gestion continue des risques – des processus itératifs et adaptatifs centrés sur une communication et une documentation permanentes – se révèle une pratique prometteuse pour les gestionnaires du contrôle phytosanitaire qui cherchent à gérer les risques dans un paysage dynamique.

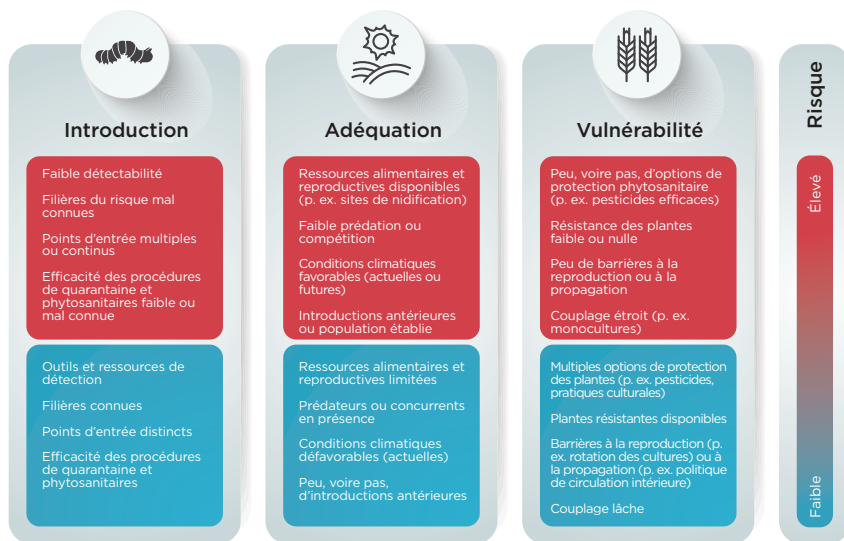
### **Il est nécessaire d'évaluer des indicateurs et des paramètres appropriés et pertinents dans tous les aspects du système de contrôle phytosanitaire.**

L'adaptation réussie de la gestion du contrôle phytosanitaire aux changements environnementaux crée une demande accrue d'informations, notamment d'indicateurs de changement. Bien qu'il y ait une pénurie générale de mesures accessibles et qu'il n'y ait pas de suivi systématique des indicateurs liés à la santé des végétaux, des renseignements liés à la sécheresse, aux conditions météorologiques propices aux incendies forestiers, aux régimes des feux, à la durée de la saison de croissance, à la mortalité des végétaux, aux organismes nuisibles et à la répartition des espèces (entre autres) sont relativement bien documentés – tout comme les mesures financières à grande échelle, par exemple les données sur les exportations, le PIB et les valeurs de la production agricole. Cependant, la capacité à documenter des indicateurs supplémentaires comme les événements météorologiques extrêmes, la régénération des plantes, la biodiversité et la phénologie (c.-à-d. les cycles de vie biologiques, comme les saisons de floraison ou de fructification) est actuellement limitée. L'élaboration de méthodologies – innovations technologiques et pratiques, avancées des méthodes statistiques – offre l'occasion d'examiner la disponibilité, l'applicabilité et les chevauchements potentiels des indicateurs et des mesures de la santé des végétaux comme des sols dans l'agriculture, la foresterie et les écosystèmes naturels. Le comité note que les paramètres choisis comme indicateurs de la santé des végétaux déterminent les types de stratégies de gestion employées (c.-à-d. qu'« on gère ce qu'on mesure »); voilà qui suggère qu'un examen attentif et délibéré des indicateurs et des mesures de la santé des végétaux est justifié pour éclairer les décisions politiques futures.

## **Les écosystèmes où les barrières à l'introduction et à la propagation des phytoravageurs sont moins nombreuses, où l'habitat est plus accessible et où les possibilités de lutte sont limitées sont davantage menacés.**

Le nombre et l'ampleur des introductions de phytoravageurs augmentent avec la circulation des personnes et des marchandises; cependant, les changements climatiques et les modifications de l'affectation des terres peuvent également altérer la qualité de l'habitat et les conditions environnementales, entraînant une dégradation des écosystèmes végétaux qui favorise l'établissement des phytoravageurs.

Les systèmes végétaux sont plus vulnérables lorsque la probabilité d'introduction de phytoravageurs est plus élevée, lorsque les conditions environnementales sont propices à leur établissement (c.-à-d. l'habitat existant) et lorsqu'il y a peu de barrières pour empêcher leur propagation. Certaines espèces d'organismes nuisibles sont indigènes au Canada, tandis que d'autres sont importées pour l'agriculture ou l'aménagement paysager, ou encore transportées involontairement dans le sol, sur les palettes de bois ou par d'autres produits végétaux. Des organismes nuisibles arrivent aussi au Canada par l'intermédiaire du vent, de l'eau ou des animaux. Les stratégies visant à réduire la vulnérabilité des écosystèmes aux phytoravageurs comprennent, entre autres, l'amélioration de la détection et des procédures phytosanitaires, la gestion de l'environnement pour en réduire l'adéquation aux espèces nuisibles et la création de barrières à la reproduction et à la propagation (figure 1). La santé future des écosystèmes dépendra de la mesure dans laquelle la réglementation en matière de biosécurité et son application limiteront les nouveaux épisodes d'invasion. Une réglementation et une mise en œuvre efficaces nécessitent des travaux de recherche et un développement continu pour, par exemple, améliorer les techniques et les technologies de surveillance, déterminer les zones prioritaires et les espèces cibles, et améliorer les stratégies d'atténuation des organismes nuisibles déjà établis. L'optimisation des pratiques actuelles de gestion forestière et agricole dépendra de l'augmentation continue de la théorie et des connaissances pratiques ciblant les déterminants de l'abondance des organismes nuisibles, ainsi que l'influence des conditions biotiques et abiotiques sur la croissance, la reproduction et les interactions entre végétaux et organismes nuisibles.



**Figure 1 Facteurs influençant les risques associés aux organismes nuisibles pour la santé des végétaux**

Les scénarios phytosanitaires à haut risque impliquent des ravageurs largement indétectables (et non contrôlés) arrivant par de multiples voies d'introduction dans des zones présentant des conditions environnementales favorables (y compris des ressources alimentaires et reproductives abondantes), et contre lesquels il existe peu – voire aucune – mesure de protection ou de contrôle.

**Le soutien de la diversité de la flore et des fonctions écosystémiques, ainsi que des stratégies économiques et de gestion, accroît la résilience.**

L'adaptabilité et la résilience des écosystèmes sont fortement liées à la diversité fonctionnelle. Un écosystème naturel (une forêt, une prairie) présentant une grande diversité fonctionnelle résistera probablement mieux à diverses perturbations, car il est constitué d'espèces végétales dotées d'un large éventail de mécanismes de réaction au changement. Une redondance fonctionnelle élevée garantit également la continuité de la fonction écosystémique si une espèce disparaît. Les pratiques de gestion qui favorisent la biodiversité et la redondance des fonctions écosystémiques peuvent donc accroître la résilience. Par exemple, un changement dans les pratiques de gestion des forêts qui se concentre sur le maintien ou l'augmentation de la diversité des essences plutôt que de maximiser la croissance de quelques espèces ayant une valeur économique est sans doute nécessaire pour assurer la résilience des forêts face aux changements globaux. La diversité des options de lutte contre les organismes nuisibles – comme le recours à différentes techniques de sélection, pratiques de culture et interventions



chimiques – ainsi que la diversité des types, tailles et compositions des exploitations, favorisent tous la résilience du système agricole. Par exemple, les changements climatiques peuvent modifier la compétitivité des organismes nuisibles, et les pratiques de gestion elles-mêmes imposent des pressions sélectives sur les populations de tels organismes, modifiant ainsi l'efficacité relative des outils et des stratégies au fil du temps. L'introduction de différentes variétés de cultures, sélectionnées en fonction de caractéristiques particulières leur permettant de tolérer les facteurs de stress, a joué un rôle important dans l'adaptation au climat et le contrôle des organismes nuisibles. Ainsi, les progrès de la recherche et du développement en matière de sélection génomique, de modification du génome, de marqueurs moléculaires et d'épigénétique contribuent au développement continu d'outils susceptibles d'améliorer l'efficacité de la sélection. Par ailleurs, bien que le système de réglementation canadien soit généralement bien respecté, qu'il soit fondé sur des données fiables et qu'il tienne compte des normes de sécurité, il est possible d'en améliorer l'efficacité, la cohérence et la transparence, afin de soutenir la croissance et l'innovation dans différents domaines, notamment la réglementation de nouveaux produits.

En encourageant l'innovation et en facilitant l'accès aux nouvelles technologies et pratiques, on favorisera la résilience, la durabilité et la rentabilité des producteurs agricoles. Cependant, le fait de mettre différents outils et pratiques à la disposition des agriculteurs ne suffit pas. Ceux-ci doivent en effet prendre des décisions sur l'utilisation appropriée et opportune de ces outils et pratiques, qui dépendent de facteurs comme les sols locaux, les prévisions météorologiques, les compétences et les capacités, ainsi que les coûts en présence, entre autres. Qui plus est, les avancées technologiques ne représentent pas la seule solution pour faire face aux risques phytosanitaires. La recherche et le développement de stratégies de culture adaptées au niveau local, y compris des solutions agroécologiques comme les cultures intercalaires, les cultures de couverture et les rotations extensives, sont nécessaires pour garantir la robustesse et la diversité du système agricole.

### **Les pratiques prometteuses de gestion des risques phytosanitaires comprennent une meilleure capacité de détection, d'identification et de modélisation des populations d'organismes nuisibles et des conditions de culture pour éclairer les décisions.**

Les technologies nouvelles et améliorées qui viennent appuyer l'identification visuelle des organismes nuisibles dans les écosystèmes naturels, la foresterie et l'agriculture comprennent des techniques d'échantillonnage de l'ADN plus rapides, plus sensibles et plus abordables, les trousseaux d'analyse sur le terrain et les tests en laboratoire. Les enquêtes sur le terrain peuvent être complétées par des outils de

détection et de quantification supplémentaires, comme les enquêtes aériennes par drone (pour quantifier les dommages) et les pièges à spores volumétriques (pour les pathogènes fongiques). Les technologies numériques sont de plus en plus appliquées dans la gestion de la santé des végétaux. Par exemple, l'agriculture de précision est un système de gestion des cultures basé sur l'analyse, à partir de données, de la variabilité spatiale et temporelle des facteurs influant sur les cultures et les sols. Pour ce faire, elle a recours à des relevés cartographiques détaillés et en temps réel mesurant les variables relatives aux cultures, aux sols et à l'environnement pour faciliter les décisions de gestion. Les cultures sont ainsi gérées en fonction de paramètres comme la prévision du rendement, la détection des organismes nuisibles, la gravité des maladies, la qualité des cultures et la reconnaissance des espèces. En fournissant des estimations précises de l'incidence et de la gravité des infestations de phytoravageurs, ainsi qu'en mesurant les effets négatifs de ces derniers sur la quantité et la qualité des grandes cultures, l'agriculture de précision est à même de créer une base pour des interventions ciblées de lutte contre les risques phytosanitaires. Les évaluations de la vulnérabilité climatique au niveau du sol, qui permettent de cerner les risques, peuvent également contribuer à renforcer la capacité d'adaptation du Canada dans différents types d'écosystèmes.

### **Les défis liés à l'adoption et à l'application des technologies numériques pour gérer les risques phytosanitaires englobent la disponibilité de l'expertise, les questions de gouvernance des données et le coût.**

Bien que les activités de recherche et de développement technologiques se poursuivent dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie et de la conservation, il n'est pas certain que les programmes d'enseignement et de formation actuels du Canada permettent de tirer pleinement parti de toutes ces améliorations. En particulier, le volume croissant des données et leur rapidité d'acquisition indiquent qu'il faudra ajouter des spécialistes de la gestion et de l'analyse des données dans les rangs des praticiens, des régulateurs et des acteurs de l'industrie. Toutes les données ne sont pas utiles ou significatives, et elles peuvent donner lieu à une surabondance d'informations peu pertinentes, à des interprétations inexactes ou à un mauvais usage. Ainsi, l'expertise en matière de gestion et d'analyse des données sera de plus en plus en demande dans l'industrie et les organismes de réglementation, entre autres, sans oublier la nécessité de structures de gouvernance garantissant la collecte, la gestion, l'accessibilité, l'interprétation et l'utilisation adéquates des données. Le développement continu de l'agriculture et de la foresterie de précision nécessitera des compétences avancées dans des domaines comme la robotique, la programmation informatique, les systèmes logiciels et l'agronomie pour concevoir et mettre en œuvre les nouvelles technologies. Il sera également nécessaire de soutenir et de

former les praticiens à mesure qu'ils intègrent davantage la technologie numérique dans leurs activités. Le coût de l'adoption est enfin un sujet de préoccupation, en particulier dans le secteur forestier, car ce dernier est à la fois sensible aux coûts et souvent réactif plutôt que proactif en ce qui concerne les questions phytosanitaires. L'utilisation efficace de pratiques prometteuses dans des contextes locaux peut être facilitée par des aides financières et communautaires permettant de gérer les risques économiques liés à l'adoption de différentes méthodes et d'en accélérer l'apprentissage.

### **La coordination entre les différents acteurs est essentielle pour réussir le déploiement des ressources et des connaissances afin d'atténuer les risques émergents pour la santé des végétaux.**

La gouvernance du système de contrôle phytosanitaire du Canada prévoit la consultation et l'application des normes et accords internationaux, notamment l'*Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires* (Accord sur l'application des mesures SPS) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), la *Convention sur la diversité biologique* (CDB) et la *Convention internationale pour la protection des végétaux* (CIPV). Le Canada est en outre membre de l'Organisation nord-américaine de la protection des plantes (ONAPP), qui réunit aussi le Mexique et les États-Unis dans un cadre de coopération trilatérale pour prévenir la propagation des phytoravageurs et faciliter le commerce régional des plantes et des produits végétaux. Bien que l'ACIA soit l'organisme fédéral chargé de protéger les ressources végétales, l'environnement et les secteurs liés aux végétaux au Canada, les questions phytosanitaires relèvent également de plusieurs autres organismes fédéraux, ainsi que des gouvernements provinciaux et territoriaux. Cela peut entraîner une duplication des efforts ou un manque de clarté du système de réglementation du point de vue des praticiens, de l'industrie et du public. La gestion des terres et des ressources est également régie par les traités et droits autochtones (y compris ceux définis dans les accords de revendications territoriales et d'autonomie gouvernementale), reflétant la détermination de ces peuples à gérer les terres. Ainsi, la responsabilité de la protection de la santé des végétaux au Canada est complexe et est répartie entre les organisations gouvernementales et les provinces et territoires, les communautés autochtones, et d'autres acteurs non gouvernementaux.

La diversité des acteurs du système de contrôle phytosanitaire du Canada est un atout, car elle contribue à créer une approche globale et à réduire les lacunes à l'échelle systémique. Cependant, le nombre d'acteurs en présence amène également des défis. En effet, les mandats prescrits par la loi qui ont des priorités ou des objectifs concurrents ou conflictuels peuvent entraîner des oublis potentiels, des

efforts redondants ou qui se chevauchent, et des lacunes relatives à la coordination et à la communication des informations comme de la recherche. Au Canada, les risques phytosanitaires et leur gestion diffèrent selon les secteurs et à l'intérieur de ceux-ci. Par exemple, les terres agricoles sont principalement des propriétés privées, alors que la foresterie implique souvent la location de terres publiques. Ce contraste conduit à des approches de gestion et à des incitatifs différents qui ont des incidences variées sur la gestion des risques phytosanitaires. Les efforts visant à gérer ces risques varient d'un bout à l'autre du pays, certaines provinces et certains territoires bénéficiant de systèmes de surveillance, de contrôle et de gestion des risques plus solides que d'autres. Cette inégalité crée des écarts. Parmi les risques menaçant le plus le système de contrôle phytosanitaire figurent les silos d'information produits par différents acteurs qui ne parviennent pas à établir de liens entre eux, ou dont les recherches ne peuvent être mises en commun sans un réseau d'information partagé. Les valeurs culturelles, les impacts des changements climatiques et les priorités en matière de biodiversité diffèrent d'un océan à l'autre, tout comme les moyens de subsistance et les visions du monde qui influencent la façon dont les gens comprennent leurs relations avec les végétaux et définissent les priorités comme les responsabilités en matière de santé des végétaux.

### **L'inclusion des Autochtones dans le système de contrôle phytosanitaire est une occasion pour le Canada de contribuer à l'atténuation des risques, au respect de ses obligations et à la réconciliation.**

Les Autochtones entretiennent de longue date une relation profonde avec la flore. Les peuples autochtones du Canada et d'ailleurs reconnaissent les relations réciproques qui existent entre les humains et les êtres non humains, y compris les végétaux, ce qui crée des obligations de soin et de cohabitation. En ce qui concerne la santé des végétaux, les traditions juridiques autochtones prévoient des pratiques prescrites de récolte sélective, d'élagage, d'aération du sol et de plantation (entre autres) qui témoignent d'un respect pour les plantes, garant d'une abondance future. Les connaissances autochtones comprennent des données écologiques et environnementales à long terme, qui donnent un aperçu de la façon dont les écosystèmes ont évolué au fil du temps. Par exemple, les principaux programmes de surveillance de l'environnement cherchent de plus en plus à inclure les populations autochtones, en s'appuyant sur leurs connaissances pour mieux comprendre les écosystèmes. Toutefois, dans bon nombre de ces cas, les Autochtones sont traités comme des parties prenantes qui apportent bien des connaissances importantes, mais qui n'ont pas d'influence sur les décisions.

De même, les Autochtones sont souvent exclus du système agricole dominant du Canada, alors qu'ils entretiennent des liens avec l'agriculture depuis toujours. Il suffit de penser aux réseaux commerciaux précoloniaux, aux dispositions

agricoles des traités numérotés, à l'agriculture dirigée par les Autochtones et la location de terres agricoles sur les réserves des Premières Nations. S'il existe des exemples de gestion de la foresterie par les peuples autochtones (p. ex. par le biais de forêts communautaires), ceux-ci ne représentent qu'une faible minorité de la population agricole, toutes activités confondues. Les décideurs politiques ont longtemps ignoré les communautés, détenteurs de droits et experts autochtones. De plus, les ministères fédéraux responsables de la gestion phytosanitaire n'ont pas entretenu de réel dialogue avec ces peuples. L'inclusion de la représentation autochtone au-delà de la consultation – ainsi que l'étude et le soutien des pratiques autochtones de gestion des végétaux – sont des éléments importants d'un système de contrôle phytosanitaire robuste et efficace au Canada.

### **Un système de contrôle phytosanitaire inclusif, connecté et réactif est essentiel pour faire face aux risques actuels et émergents au Canada pour la santé des végétaux.**

L'inclusivité repose sur une approche qui intègre de multiples modes de connaissance, comme les sciences naturelles et sociales, l'économie, les connaissances autochtones et celles des praticiens. L'approche inclusive se concentre également sur la gestion des risques phytosanitaires en comprenant leurs liens avec d'autres enjeux d'un point de vue écologique, culturel ou organisationnel. Le soutien du public et la confiance dans les processus de gouvernance sont des éléments essentiels à la mise en œuvre de changements politiques efficaces qui peuvent aider à prévenir et à gérer l'évolution des risques phytosanitaires, ainsi qu'à s'y adapter. Les initiatives réunissant divers acteurs auront du sens si elles prévoient du temps pour une participation et une délibération actives. Le gouvernement fédéral a déterminé que la mobilisation d'un réseau national d'information sur la santé des végétaux constituait un outil potentiel de collaboration, d'échange de données et de planification entre les partenaires clés. Le Conseil canadien de la santé des végétaux, qui vient d'être créé, pourrait être un moyen utile de développer et de maintenir un tel réseau. Des exercices prospectifs, comme la planification de scénarios incluant des acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux, sont à même de contribuer à améliorer la réactivité et à renforcer les liens en cernant les faiblesses du système de contrôle phytosanitaire avant l'apparition d'une crise réelle. Il existe de nombreuses possibilités de participation pour les différents acteurs du système, notamment les Autochtones, les praticiens, les organisations industrielles et le grand public. À l'échelle internationale, un réseau mondial de recherche phytosanitaire pourrait harmoniser les programmes de recherche et accélérer la science qui appuie les activités visant à protéger les végétaux, ce qui constituerait un avantage potentiel pour tous les acteurs du système phytosanitaire, mais surtout pour les décideurs politiques.

## Conclusion

Les menaces pour la santé des végétaux apparaissent rapidement dans un contexte de changements climatiques. Ces menaces supplémentaires évoluent continuellement en raison de l'adaptation aux pratiques culturelles actuelles et de l'augmentation de la circulation des personnes et des marchandises dans le monde. Si les risques résultant des organismes nuisibles aux végétaux et des changements environnementaux sont communs à tous les écosystèmes, la variété des structures organisationnelles et des ordres de gouvernement appelés à y réagir crée également des problèmes de gouvernance qui menacent la solidité du système de contrôle phytosanitaire lui-même. La reconnaissance des points communs et la création d'occasions d'échange, de coordination et d'apprentissage permettraient de cerner les lacunes et de les corriger. Les exercices prospectifs permettent de mettre le système à l'épreuve et de déterminer les mesures à prendre pour réduire la vulnérabilité et améliorer la résilience face à une complexité et à une incertitude croissantes. La biodiversité et la redondance des fonctions écosystémiques sont essentielles à un écosystème résilient. La diversité des pratiques, des outils et des perspectives est pour sa part essentielle à une solide stratégie de gestion des risques. Le Canada est composé de paysages vastes et diversifiés; l'ampleur du défi que représente la protection de la santé des végétaux est donc considérable. Cependant, les végétaux sont fondamentaux pour le bien-être économique, culturel, physique et spirituel de tous les habitants du Canada. Bien que de nombreuses personnes ne soient pas conscientes du rôle que jouent les végétaux dans leur vie quotidienne, les fonctions écologiques accomplies par ces derniers sont à la base de la plupart des formes de vie sur Terre. Peu importe la difficulté, il est possible – et impératif – de relever le défi complexe et urgent que représente la lutte contre les risques phytosanitaires. Notre avenir collectif en dépend.



## Abréviations

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
AFD	Aménagement forestier durable
ANFA	Association nationale de foresterie autochtone
AP	Aire protégée
APCA	Aires protégées et de conservation autochtones
ARLA	Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
ASFC	Agence des services frontaliers du Canada
BVG	Bureau du vérificateur général du Canada
CAE	Cercle autochtone d'experts
CIPV	Convention internationale pour la protection des végétaux
Conseil	Conseil canadien de la santé des végétaux
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril au Canada
CPM	Commission des mesures phytosanitaires
DNUDPA	Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
ISDE	Innovation, Sciences et Développement économique Canada
MPO	Pêches et Océans Canada
NAPPO	Organisation nord-américaine pour la protection des plantes
NIMP	Norme internationale pour les mesures phytosanitaires
NU	Nations Unies
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMC	Organisation mondiale du commerce
RNCan	Ressources naturelles Canada
SCF	Service canadien des forêts
UE	Union européenne

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	L'agriculture et la foresterie au Canada	3
1.2	Le mandat.	7
1.3	Définition de la santé des végétaux et des risques connexes.	7
1.4	L'approche du comité	9
1.5	Gouvernance phytosanitaire au Canada	13
1.6	Structure du rapport.	22
<b>2</b>	<b>Compréhension des risques pour la santé des végétaux</b>	<b>23</b>
2.1	Végétaux, organismes nuisibles et environnement	25
2.2	Facteurs relatifs à la gouvernance	33
2.3	Approches de l'analyse des risques phytosanitaires.	38
<b>3</b>	<b>Risques environnementaux pour la santé des végétaux</b>	<b>42</b>
3.1	Changements des conditions abiotiques	44
3.2	Risques pour la santé du sol	53
3.3	Risques pour les services de pollinisation.	58
3.4	Qualité et disponibilité de l'habitat	61
3.5	Gestion des risques à la lumière de l'incertitude et du changement	66
<b>4</b>	<b>Risques associés aux organismes nuisibles pour la santé des végétaux</b>	<b>77</b>
4.1	Introduction et diffusion.	79
4.2	Établissement et croissance des populations.	94
4.3	Gestion des risques	105

<b>5</b>	<b>Risques de gouvernance pour la santé des végétaux. . .</b>	<b>113</b>
5.1	Communication et coordination : Les défis d'un système fédéré . . . . .	115
5.2	Surveillance, suivi et gestion : Les avantages et les défis de l'innovation . . . . .	129
5.3	Mobilisation du public dans la gestion des risques phytosanitaires . . . . .	137
<b>6</b>	<b>Droits et rôles des peuples autochtones dans la santé des végétaux. . . . .</b>	<b>144</b>
6.1	Droits des peuples autochtones par rapport à la terre, du point de vue de l'accès, de la gestion et la de gouvernance . . . . .	147
6.2	Systèmes de connaissances autochtones et pratiques de gestion des terres . . . . .	150
6.3	Répercussions de la mauvaise santé des végétaux sur les communautés autochtones. . . . .	165
6.4	Participation des Autochtones au système de contrôle phytosanitaire . . . . .	167
<b>7</b>	<b>Réponse au mandat. . . . .</b>	<b>170</b>
7.1	Risques actuels et émergents pour la santé des végétaux . . . . .	172
7.2	Lacunes du système de contrôle phytosanitaire . . . . .	177
7.3	Pratiques prometteuses en matière de gestion des risques phytosanitaires . . . . .	179
7.4	Réflexions du comité . . . . .	185
	<b>Références . . . . .</b>	<b>187</b>

# Introduction

- 1.1 L'agriculture et la foresterie au Canada
- 1.2 Le mandat
- 1.3 Définition de la santé des végétaux et des risques connexes
- 1.4 L'approche du comité
- 1.5 Gouvernance phytosanitaire au Canada
- 1.6 Structure du rapport

Le Canada est un pays de végétaux – en effet, la majeure partie du paysage est composée d'arbres, d'arbustes, d'herbes et de cultures agricoles. Il abrite une importante biodiversité, dont 28 % des forêts boréales du monde (RNCAN, 2020a). Les zones où le couvert arboré est relativement plus important s'étendent depuis la côte ouest et l'intérieur sud de la Colombie-Britannique, jusqu'à la zone boréale – une zone de forêts, de boisés, de terres humides et de lacs qui couvre 550 millions d'hectares du Yukon à Terre-Neuve-et-Labrador (StatCan, 2018). La couverture terrestre dans les Prairies se compose principalement de plantes cultivées et de prairies (StatCan, 2018).

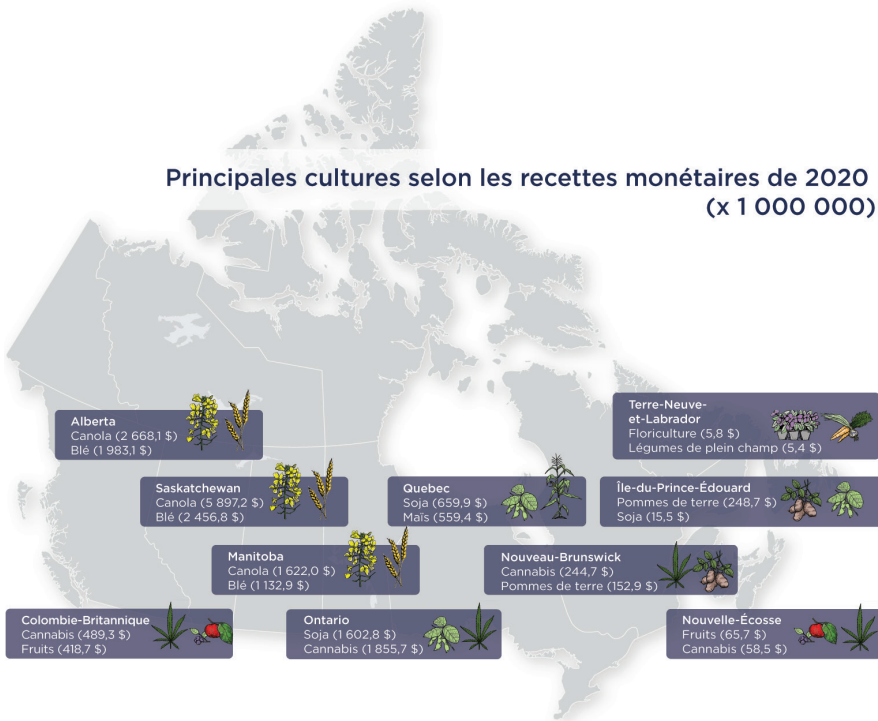
Les végétaux ont une valeur intrinsèque pour les habitants du Canada et constituent un élément vital des écosystèmes du pays. Ils fournissent un habitat<sup>1</sup> pour la majeure partie de la biodiversité, constituent la majeure partie de la nourriture que nous consommons et du bois et des fibres que nous utilisons. Ils fournissent l'oxygène que nous respirons et contribuent à nous soigner, dans la médecine traditionnelle et moderne. Les végétaux ont également une importance sociale et culturelle (p. ex. sur le plan de l'esthétique, des rituels, des loisirs, du bien-être) et sous-tendent la relation fondamentale que les humains entretiennent avec le monde naturel. À l'échelle planétaire, la biomasse végétale du Canada (c.-à-d. la matière organique renouvelable que les humains consomment comme nourriture ou combustible, ou dont ils dépendent pour fixer le carbone) contribue de façon importante à la santé du globe. Le Canada compte plus de zones sauvages que tout autre pays au monde (26 %) qui, combinées à la taille du pays, en font le deuxième contributeur aux réserves mondiales de carbone (Coristine *et al.*, 2019).

Étant donné que de nombreuses autorités jouent un rôle dans la gouvernance phytosanitaire au Canada et que la santé des végétaux est menacée – notamment par des bouleversements sans précédent provoqués par les changements climatiques – il est nécessaire de comprendre et d'examiner les risques en présence, ainsi que les réponses potentielles à la lumière de l'importance des végétaux pour tout le monde au Canada.

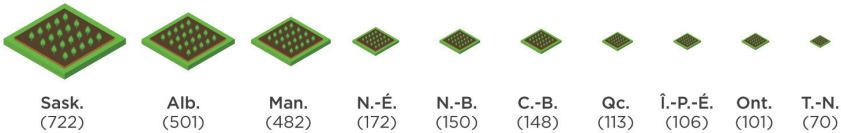
1 « [L]es ressources et les conditions présentes dans une zone qui favorisent l'occupation – y compris la survie et la reproduction – par un organisme donné. » (Hall *et al.*, 1997).

## 1.1 L'agriculture et la foresterie au Canada

Les végétaux sont vitaux pour l'économie canadienne. En 2018, l'agriculture primaire – c'est-à-dire le travail effectué au sein d'une ferme, d'une pépinière ou d'une serre – comptait pour 1,7 % du PIB global du Canada et employait 265 700 personnes (AAC, 2020a). Le secteur agricole varie selon les régions; les exploitations horticoles, par exemple, sont plus courantes en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Atlantique, tandis que les exploitations céréalières et oléagineuses dominent dans les Prairies (AAC, 2020a). La culture du canola (*Brassica napus*) est la principale contribution agricole au PIB canadien. La culture du canola pour la production d'huile est concentrée dans les Prairies, constituant une grande part du PIB du secteur agricole dans la région (StatCan, 2019a). Alors que la superficie totale des terres produisant des légumes de plein champ a diminué partout au Canada, les exploitations de serres ont augmenté, la majorité de la production étant située en Ontario (AAC, 2015). Enfin, la production de cannabis (*Cannabis* sp.) est rapidement devenue un contributeur important aux cultures commerciales agricoles dans plusieurs régions depuis sa légalisation en 2016 (StatCan, 2020b) (figure 1.1).



**Quelle est la taille moyenne en ha d'une exploitation agricole au Canada en 2016?**



Sources des données : StatCan (2016, 2019b, 2021c)

### Figure 1.1 Principales cultures selon les recettes monétaires agricoles et la taille moyenne des exploitations, par province

Les cultures horticoles (p. ex. les fruits et légumes, ainsi que le cannabis) constituent les principales cultures en Colombie-Britannique et dans les provinces de l'Atlantique, tandis que les grandes exploitations céréalières dominent dans les Prairies, le soja étant la principale grande culture en Ontario et au Québec. En raison de la rareté de leurs terres arables, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut et le Yukon n'ont pas été inclus dans les données.

Au cours des 50 dernières années, la taille des exploitations agricoles a considérablement changé au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) fait état d'un doublement de leur taille, alors que le nombre d'exploitations a diminué de moitié (AAC, 2020a). En conséquence, un plus petit nombre d'exploitations agricoles génèrent la majorité des revenus (AAC, 2020a). Les grandes exploitations sont prédominantes dans les Prairies, tandis que les exploitations ont tendance à être plus réduites dans les autres régions du Canada (MAAARO, 2017) (figure 1.1). Les approches agricoles (p. ex. les niveaux de mécanisation, le recours aux apports) sont liées à la fois au type d'exploitation et à sa taille, et peuvent donc déterminer les risques pour la santé des végétaux au sein d'une exploitation donnée (Therond *et al.*, 2017). En 2016, 75 % des exploitations agricoles étaient enregistrées comme des entreprises individuelles et des partenariats (elles étaient 98 % en 1971), tandis que les 25 % restant étaient des exploitations familiales et non familiales constituées en société (elles étaient 2 % en 1971) (StatCan, 2017a). Bien que la présence de fermes biologiques au Canada continue d'augmenter dans l'ensemble, les exploitations certifiées biologiques ne représentaient que 1,8 % de toutes les fermes en 2011 (StatCan, 2011)<sup>2</sup>. Le total des ventes à l'exportation de produits agricoles et agroalimentaires a atteint 59 milliards de dollars en 2018 (AAC, 2020a).

Le Canada abrite 9 % des forêts du monde (RNCAN, 2020a). Quatre-vingt-douze pour cent sont des propriétés publiques des gouvernements fédéral, provinciaux ou territoriaux, tandis que le reste appartient à des particuliers ou aux Autochtones (figure 1.2). Le secteur forestier contribue au PIB nominal du Canada à hauteur de 1,1 % et emploie environ 205 000 personnes. Le travail dans ce secteur revêt une importance particulière dans de nombreuses collectivités rurales et autochtones. Ainsi, en 2020, il a été désigné comme la principale source de bien-être économique pour 300 collectivités au Canada. La Colombie-Britannique abrite l'industrie forestière la plus importante, suivie du Québec et de l'Ontario (RNCAN, 2020k). Les exportations de produits forestiers canadiens dérivent en grande partie de conifères et comprennent principalement le bois d'œuvre résineux et la pâte de bois (RNCAN, 2018). La valeur des produits forestiers exportés en 2019 s'est élevée à 33 milliards de dollars (RNCAN, 2020k).

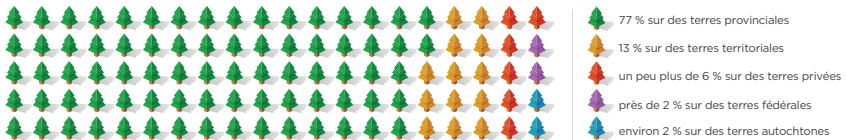
2 Il n'existe pas de données plus récentes, car le Recensement de l'agriculture ne demande plus aux répondants d'indiquer lesquels de leurs produits sont certifiés biologiques (Isaac *et al.*, 2018).





### À qui appartiennent les forêts du Canada?

Plus de 90 % des forêts du Canada se trouvent sur des terres publiques, dont :



Source : RNCan (2020k)

### Figure 1.2 Composition et propriété des forêts du Canada

Les forêts du Canada contiennent de nombreuses espèces d'arbres, les différents genres étant représentés par des couleurs distinctes. Les couleurs pâles représentent les zones moins densément boisées et les silhouettes, une espèce de chaque genre, afin de fournir une indication sur la forme des arbres que l'on retrouve dans les différentes zones.

## 1.2 Le mandat

Reconnaissant l'importance des végétaux dans le maintien d'une variété de biens économiques et sociaux – de la sécurité alimentaire à la durabilité environnementale, en passant par la santé publique – et souhaitant protéger ces biens, l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) de réunir un comité d'experts afin de fournir une évaluation digne de foi des risques pour la santé des végétaux au Canada. Plus précisément, il a été demandé au CAC de répondre à la question et aux sous-questions suivantes :



### **Quels sont les risques actuels et émergents les plus importants<sup>3</sup> pour la santé des végétaux au Canada?**

- Quelles sont les lacunes du système de contrôle phytosanitaire canadien en matière de détection et de traitement des risques actuels et émergents pour la santé des végétaux?
- Quelles pratiques de gestion des risques prometteuses et dominantes, y compris les indicateurs<sup>4</sup> et les mesures<sup>5</sup>, pourraient être utilisées pour améliorer la capacité du système de contrôle phytosanitaire canadien à s'adapter et à réagir aux risques actuels et émergents?

## 1.3 Définition de la santé des végétaux et des risques connexes

Lorsqu'ils sont en bonne santé, les végétaux fournissent des avantages appelés *fonctions écosystémiques*. Un sous-ensemble de ces fonctions procure des avantages aux humains, et ceux-ci sont appelés *services écosystémiques*. Les fonctions écosystémiques peuvent inclure des fonctions sur le plan du soutien, de l'approvisionnement, de la régulation et de la culture (tableau 1.1). Leurs avantages peuvent être environnementaux, socioculturels ou économiques, avec un

3 Les risques liés aux changements climatiques, à la circulation des personnes et des marchandises, à l'adoption de nouvelles cultures et pratiques et à l'évolution des pratiques d'utilisation des sols présentent un intérêt particulier.

4 Les indicateurs comprennent ceux utilisés pour déterminer les seuils de tolérance aux risques phytosanitaires.

5 Les mesures comprennent celles utilisées pour évaluer l'efficacité des mesures de prévention ou d'atténuation.

chevauchement considérable entre ces catégories (De Groot *et al.*, 2002). Par exemple, la régulation des sols (fonction régulatrice) maintient des sols naturellement productifs et les organismes qui en dépendent (fonction écologique), tout en contribuant à la productivité des terres arables (fonctions économiques et sociales).

**Tableau 1.1 Types de fonctions et de services écosystémiques**

Type de fonctions	Exemples de biens et de services fournis
<b>Approvisionnement</b>	Aliments, bois, fibres, eau douce, combustibles, ressources génétiques, produits biochimiques, médicaments naturels et produits pharmaceutiques.
<b>Régulation</b>	Régulation du climat, régulation de l'eau, purification de l'eau, contrôle des maladies, régulation de la qualité de l'air, régulation de l'érosion, régulation des organismes nuisibles, pollinisation, régulation des risques naturels (p. ex. zones humides), régulation des sols.
<b>Soutien</b>	Cycle des nutriments, production primaire, photosynthèse, formation du sol.
<b>Culture</b>	Valeur esthétique, patrimoine culturel/sens du lieu, éducation, loisirs, spiritualité et religion.

Adapté du rapport *Évaluation des écosystèmes pour le millénaire* (2005) et de Wall et Nielsen (2012)



**La santé des végétaux** est la capacité de ces dernières à maintenir leurs fonctions écosystémiques.

Le caractère esthétique des terres protégées constitue une valeur sociale qui peut être difficile, voire impossible à quantifier, car elle peut être directement influencée par le type de paysage ou par les personnes qui lui accordent une valeur (L'Ecuyer-Sauvageau *et al.*, 2021). Comme le notent Skolrud *et al.* (2020), ces évaluations peuvent également être litigieuses, car « il n'y a pas de consensus dans la littérature sur la bonne méthode d'évaluation de l'esthétique du paysage en raison du degré extrêmement élevé de subjectivité parmi ceux qui y vivent et ceux qui n'y vivent pas ». Il existe cependant des avantages économiques plus facilement quantifiables liés à l'esthétique, notamment les revenus du tourisme et de

l'écotourisme, ou la valeur des biens immobiliers situés à proximité ou à courte distance de zones visuellement plaisantes (De Groot *et al.*, 2002).

De nombreuses valeurs non économiques peuvent être attribuées aux végétaux. Il a été démontré que la biodiversité environnementale, par exemple, favorise la diversité

linguistique et culturelle, les régions à forte biodiversité abritant jusqu'à 70 % des langues du monde (Gorenflo *et al.*, 2012; Luu, 2019a, 2019b). Comme nous l'avons vu à la section 1.4.2, il existe différents paradigmes permettant de considérer la santé des végétaux en fonction des valeurs de chacun. À leur tour, ces paradigmes influencent la compréhension des risques et des mesures visant à les atténuer.

Le risque peut être défini de manière probabiliste, la probabilité qu'un événement dangereux se produise étant multipliée par l'incidence (ou les conséquences) de cet événement (Rosa, 1998; CAC, 2019b). Bien que cette définition constitue la base de l'analyse quantitative du risque, le comité a eu recours à un concept plus large du risque – étudié plus en détail au chapitre 2 – aux fins du présent rapport. Ce concept élargi inclut « toute situation ou tout événement où quelque chose ayant une valeur pour les humains [dans ce cas, la santé des végétaux] a été mis en danger et dont l'issue est incertaine » (Rosa, 1998). Les risques pour la santé des végétaux peuvent avoir une incidence sur la répartition et la persistance des espèces végétales d'un bout à l'autre du Canada; voilà qui peut avoir des conséquences environnementales, économiques et sociales potentiellement dévastatrices, notamment l'incapacité des peuples autochtones à accéder à la terre et à interagir avec elle en suivant des traditions importantes pour le maintien de leurs moyens de subsistance et de leur culture. Des risques comme les infestations d'insectes ont toujours menacé la santé des végétaux, mais les changements climatiques, la mondialisation des échanges, les changements de pratiques d'utilisation des terres et l'adoption de nouvelles cultures et pratiques culturelles sont autant de facteurs susceptibles d'exacerber la gravité et la portée des impacts (Michelmore *et al.*, 2017).

Outre leurs éventuelles répercussions négatives sur l'économie et les personnes, les risques phytosanitaires menacent la biodiversité. À ce jour, les scientifiques ont identifié 72 espèces endémiques qui se trouvent uniquement au Canada (Enns *et al.*, 2020). Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPIC) a répertorié 23 plantes vasculaires (c.-à-d. des plantes autres que les mousses et les hépatiques) menacées d'extinction. Comme le soulignent Enns *et al.* (2020), « [l]a protection des espèces endémiques canadiennes est la responsabilité du Canada et notre première barrière contre le déclin de la biodiversité mondiale. Les conséquences de notre incapacité à conserver ces espèces sont leur extinction. »

## 1.4 L'approche du comité

Pour répondre au mandat de l'ACIA, le CAC a réuni un groupe multidisciplinaire de 14 experts (le comité d'experts sur les risques pour la santé des végétaux au Canada, ci-après le comité). Ses membres possèdent des connaissances dans les domaines de l'agriculture et des sciences horticoles, de la foresterie, de l'économie et du commerce,

des changements climatiques, des politiques et de la réglementation relatives aux végétaux, ainsi que des incidences sociales des risques phytosanitaires comme des stratégies d'atténuation des risques. Étant donné la nature multidisciplinaire du comité, les membres se sont appuyés sur des perspectives diverses pour déterminer les risques phytosanitaires et les solutions de gestion.



### **Les risques pour la santé des végétaux**

peuvent avoir une incidence négative sur les fonctions écosystémiques d'une espèce ou d'une communauté végétale donnée, et peuvent émaner d'un organisme, d'un système ou d'un processus.

Dans certains cas, les conclusions ont divergé quant aux approches de détermination des risques et des solutions dans ce rapport; celles-ci sont abordées explicitement à mesure qu'elles se présentent. Chaque membre a participé au comité à titre d'individu informé plutôt que de représentant d'une discipline, d'une organisation, d'une région ou d'un ensemble de valeurs précises.

Au cours de l'évaluation, le comité s'est réuni virtuellement 11 fois pour examiner les données probantes et délibérer sur son mandat. Au début du processus d'évaluation, le comité a rencontré l'ACIA afin de bien comprendre ce qu'on attendait de lui. Lors de cette réunion, le comité a pu établir que l'évaluation porterait principalement sur les végétaux ayant une importance économique directe et immédiate (c.-à-d. pour l'agriculture et la foresterie), et que les plantes aquatiques ne faisaient pas partie du mandat. Le comité a confirmé que, même si ses délibérations portaient précisément sur les risques pour les cultures agricoles

et les forêts, l'évaluation aborderait également les risques importants et plus larges menaçant les végétaux des écosystèmes terrestres du Canada.

#### **1.4.1 Données probantes**

L'évaluation du comité s'est fondée sur un examen de diverses sources de données probantes, y compris des publications révisées par des pairs, des informations et des statistiques gouvernementales accessibles au public et de la littérature grise liée aux risques actuels et émergents pour la santé des végétaux, tant au Canada qu'à l'étranger. Pour trouver les meilleures données accessibles, le personnel du CAC a effectué des recherches par mots clés dans la documentation publiée et a exploré les sites Web d'AAC, de l'ACIA, de Ressources naturelles Canada (RNCan), d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC), de Parcs Canada, de Statistique Canada (StatCan), de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et d'autres organismes gouvernementaux pertinents au Canada comme à l'étranger. Le présent rapport n'est pas basé sur une revue systématique, mais plutôt sur une analyse détaillée des références clés relevées par le comité, qui, selon lui, représentaient les meilleures données

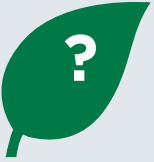
existantes sur les sujets abordés. Le comité a également été éclairé par des discussions avec des experts dans les domaines de l'ethnobotanique, de la gouvernance autochtone des ressources naturelles et du commerce international. Le rapport a ensuite fait l'objet d'un examen approfondi par des pairs, dans le cadre duquel 13 autres experts du Canada et de l'étranger ont fourni des données probantes et une expertise supplémentaires.

#### 1.4.2 Diversité des perspectives sur la santé des végétaux

Au cours de ses délibérations, le comité a examiné diverses perspectives sur l'utilisation et la valeur des végétaux. Il a reconnu que le système de contrôle phytosanitaire du Canada est intégré à un système commercial international qui constitue une partie importante de l'économie du pays. Ce système fonctionne dans un cadre mondial élargi qui donne priorité aux fonctions d'approvisionnement des végétaux, généralement évaluées en termes économiques (FAO, 2021). Dans cette optique, les végétaux sont gérés pour leur rendement économique. Ces rendements peuvent inclure denrées alimentaires, fibres et produits d'exportation, et se traduisent par des possibilités d'emploi pour de nombreux habitants du Canada. Cette approche appuie une chaîne alimentaire industrielle spécialisée qui a rendu les produits alimentaires abordables et accessibles aux consommateurs du monde entier (Brodt *et al.*, 2011; FAO, 2017b). Cependant, la priorité accordée aux rendements économiques a également créé ou exacerbé involontairement certains risques phytosanitaires (FAO, 2017b). Par exemple, si les zones agricoles où les cultures sont moins diversifiées, ou emploient des pratiques qui diminuent la diversité, ont bien contribué à créer des économies d'échelle et à produire des volumes élevés à l'aide processus de production simplifiés (Abson *et al.*, 2013), elles favorisent également l'émergence et la pullulation d'organismes nuisibles (p. ex. Fones *et al.*, 2020; Strelkov *et al.*, 2020).

Tout en reconnaissant le système dominant dans lequel le Canada fonctionne actuellement, les membres du comité souhaitent également souligner qu'il existe de nombreuses façons d'aborder et de gérer la santé des végétaux. Par exemple, la prise en compte des fonctions écosystémiques ou des valeurs sociales plutôt que des valeurs de production donne lieu à un cadre distinct pour comprendre le risque, et à des approches de protection phytosanitaire différentes de celles résultant d'une évaluation purement économique. Une telle perspective peut non seulement prendre en compte les menaces biologiques pour la santé des végétaux, mais aussi la manière dont les forces sociales, économiques et culturelles au sein des systèmes de production agricole et forestière actuels contribuent aux risques phytosanitaires ou les exacerbent (CIP, 2021).

Une perspective combinée – mettant les valeurs économiques et écologiques sur un pied d'égalité – peut conférer des avantages supplémentaires, comme la résilience accrue des écosystèmes, le soutien à la biodiversité et à la conservation des terres, ainsi que l'atténuation des changements climatiques (Lin, 2011; Abson *et al.*, 2013;



**Le système de contrôle phytosanitaire**

fait référence à la gouvernance de la santé des végétaux au Canada. Ce système est diversifié; il fait appel à de nombreux acteurs, tant gouvernementaux que non gouvernementaux, ayant des valeurs et des priorités différentes.

Benton *et al.*, 2021). Les approches potentielles qui intègrent à la fois les valeurs économiques et écologiques suscitent un regain d'intérêt pour les méthodes agroécologiques de gestion agricole et forestière, comme l'agriculture à petite échelle, biologique et diversifiée (Benton *et al.*, 2021); les solutions technologiques (The Royal Society, 2009); la gestion des terres ancrée dans la foresterie communautaire et soutenant les conditions locales (Teitelbaum, 2015) et les approches qui favorisent la diversification des essences, dans le but d'améliorer la résilience des forêts (Messier *et al.*, 2019). Ces approches peuvent également inclure des incitations à trouver un équilibre entre la production, la restauration et la conservation afin de maintenir la biodiversité et la résilience ultérieures des écosystèmes (Kline et Dale, 2020).

Dans ce rapport, le comité a pris en compte les perspectives autochtones sur la santé des végétaux. Les visions du monde autochtones accordent la priorité à la biodiversité et au principe de réciprocité (p. ex. Alfred, 2007). Les humains tirent de nombreux avantages des végétaux (nourriture, médicaments, valeur esthétique) et, en tant que bénéficiaires, il nous

incombe de respecter le monde naturel et d'en prendre soin. La terre n'est pas considérée comme un droit, mais comme un don assorti de responsabilités (Kimmerer, 2013). Les visions du monde autochtones soulignent également l'interconnexion et le caractère sacré de toutes les formes de vie. Cette philosophie, parfois appelée *écologie relationnelle*, insiste sur l'importance des relations et sur le fait que les êtres humains font partie d'une famille écologique plus large (Martinez, 2008; Turner, 2016). De ce point de vue, ce n'est que lorsque cette relation entre les humains et le reste du monde naturel est reconnue qu'un environnement véritablement sain peut être créé. Les relations entre les Autochtones et la santé des végétaux, ainsi que l'intégration du savoir autochtone dans la reconnaissance et la gestion des risques phytosanitaires au Canada, sont examinées en détail au chapitre 6.

## 1.5 Gouvernance phytosanitaire au Canada

La protection et la gestion des risques phytosanitaires au Canada découlent d'un effort intergouvernemental de la part des instances internationales, fédérales, provinciales, territoriales et municipales (tableau 1.2). La gouvernance fait également participer un large éventail d'autres acteurs, notamment les détenteurs de droits autochtones, les organisations non gouvernementales (ONG), les agriculteurs et les propriétaires de boisés, l'industrie, de même que le milieu universitaire (figure 1.3).

**Tableau 1.2 Les instances dirigeantes et leur rôle dans la protection et la gestion phytosanitaires au Canada**

Partenaire	Rôle
<b>Instances et organisations internationales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir les exigences d'importation, vérifier les exigences d'exportation.</li> <li>• Comparer et approuver les systèmes pertinents (p. ex. pour l'inspection).</li> <li>• Élaborer des règles et des normes internationales fondées sur la science.</li> </ul>
<b>Ministères et organismes fédéraux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protéger les ressources végétales contre les organismes nuisibles, les maladies et les espèces envahissantes.</li> <li>• Prévenir et gérer les risques pour la sécurité alimentaire.</li> <li>• Faciliter l'accès aux marchés pour les aliments et les végétaux du Canada.</li> </ul>
<b>Gouvernements provinciaux, territoriaux et municipaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appliquer les exigences des différents ordres de gouvernement en matière de sécurité alimentaire et phytosanitaire.</li> <li>• Prévenir et traiter les urgences en matière phytosanitaire.</li> <li>• Présider à la gestion des forêts et des paysages urbains.</li> </ul>

Adapté d'ACIA (2017b) et de RNCan (2020m)

### 1.5.1 Lois et accords internationaux

Le système de contrôle phytosanitaire du Canada prévoit la consultation et l'observation des normes comme des accords internationaux et régionaux. Certains des accords et des organisations les plus importants qui déterminent les rôles et les responsabilités du Canada en matière phytosanitaire sont détaillés au tableau 1.3.



**Tableau 1.3 Organisations et accords internationaux ayant trait à la santé des végétaux**

Accord/organisation	But
<b>Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (Accord sur l'application des mesures SPS)</b> <i>*Administré par l'OMC</i>	Affirme l'engagement du Canada à utiliser des normes internationales fondées sur des preuves scientifiques pour prévenir la propagation d'organismes nuisibles et de maladies dans la flore et la faune.
<b>Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV)</b> <i>*Administré par la FAO</i>	Affirme la coopération internationale en matière de protection des ressources végétales mondiales (sauvages et cultivées) contre les organismes nuisibles, dans l'intérêt de la sécurité alimentaire mondiale, de la biodiversité et du commerce.
<b>Commission des mesures phytosanitaires (CMP)</b>	Gouverne la CIPV en réunissant chaque année les représentants nationaux afin de déterminer les risques phytosanitaires émergents et d'échanger des informations pertinentes.
<b>Normes internationales pour les mesures phytosanitaires (NIMP)</b>	Ensemble de lignes directrices non juridiquement contraignantes adoptées par la CMP et destinées à protéger l'environnement, la biodiversité, l'agriculture durable et la sécurité alimentaire, tout en facilitant le commerce et le développement.
<b>International Forestry Quarantine Research Group (IFQRG)</b>	Soutient le travail de la CIPV en s'occupant des enjeux forestiers internationaux hautement prioritaires liés aux espèces envahissantes et aux exigences de quarantaine.
<b>Organisation nord-américaine pour la protection des végétaux (NAPPO)</b>	Réunit le Canada dans une coopération trilatérale avec le Mexique et les États-Unis afin de prévenir l'entrée, l'établissement et la propagation des phytoravageurs réglementés en Amérique du Nord, et de faciliter le commerce des plantes et des produits végétaux dans la région.
<b>Comité des mesures sanitaires et phytosanitaires</b> <i>*Prévu par l'Accord Canada-États-Unis-Mexique (ACEUM)</i>	Vient appuyer l'Accord sur l'application des mesures SPS en renforçant l'échange d'information entre les nations et en favorisant les analyses scientifiques et fondées sur les risques, dans une optique de transparence dans la région.
<b>Commission de coopération environnementale (CCE)</b>	Facilite la coopération régionale entre le Canada, le Mexique et les États-Unis pour promouvoir le développement durable et protéger l'environnement nord-américain.
<b>North American Invasive Species Network (NAISN)</b>	Un effort régional (Canada, Mexique, États-Unis) pour améliorer la coordination, la communication et la collaboration dans la gestion et la prévention des espèces envahissantes sur le continent.

Sources : OMC (1995); Allen et Cree (2003); GC (2009); Ackleson et Kastner (2011); NAPPO (2011); GC (2019a); ECCC (2020b); FAO (2020b); FAO et CIPV (s.d.-a, s.d.-b); CIPV (s.d.)

## 1.5.2 Ministères et organismes du fédéral

### L'ACIA est chargée de protéger la santé des végétaux au Canada.

L'ACIA, un organisme fédéral de réglementation créé en 1997, a pour mission de protéger les ressources végétales, l'environnement et les secteurs liés aux végétaux au Canada (ACIA, 2018b, 2019e). L'ACIA exerce donc deux rôles clés intéressant le présent rapport : i) la protection de la santé des végétaux et ii) la facilitation de l'accès au marché pour les végétaux et les aliments du Canada (ACIA, 2019e). Au sein de l'ACIA, le Programme de protection des végétaux (PPV) surveille, évalue, suit et éradique les phytoravageurs, y compris les espèces envahissantes (ACIA, 2015) : « [L]es objectifs du Programme sont atteints grâce à la réglementation des produits agricoles et forestiers; à l'atténuation des risques que posent les maladies et les organismes nuisibles réglementés à l'égard des ressources végétales (y compris les cultures et les forêts), à la réglementation de l'innocuité et de l'intégrité des semences, des engrais et des produits végétaux, et à la gestion des urgences et des incidents liés à la protection des végétaux » (ACIA, 2015). Le travail du PPV s'est accru en raison de l'augmentation du commerce et des voyages internationaux, ainsi que des répercussions des changements climatiques, qui augmentent les risques phytosanitaires. Ceci accroît la demande d'expertise pour l'accomplissement des recherches, de la surveillance et des évaluations de risques, et pour communiquer ces résultats aux décideurs comme au public (ACIA, 2015).

L'ACIA exploite 13 laboratoires de diagnostic et de recherche, et emploie plus de 6 000 personnes, dont des inspecteurs et des scientifiques (Cision Canada, 2021). En 2021, le gouvernement du Canada a annoncé un investissement de 163 millions de dollars dans l'ACIA au cours des cinq prochaines années, ainsi qu'une augmentation continue de 40 millions de dollars en financement annuel. Ces fonds ont été affectés à l'appui des certificats d'exportation (c.-à-d. à l'amélioration des délais d'inspection et de certification des produits agricoles); à la surveillance des importations (augmentation du nombre d'inspections des importations et le recentrage sur la prévention); au contrôle et la surveillance à l'échelle nationale (élaboration de plans d'intervention à jour et intergouvernementaux pour les phytoravageurs et les maladies des végétaux, existants et potentiels); et à la numérisation (élargissement de l'accès aux outils automatisés pour l'inspection et la gestion des risques) (Cision Canada, 2021).

Les responsabilités de l'ACIA sont supervisées par le ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire et par le ministère de la Santé. Alors que le ministère de la Santé « est responsable de l'orientation générale de l'ACIA et de toutes les activités liées à la sécurité alimentaire », le ministère de l'Agriculture et de

l'Agroalimentaire dirige les activités de protection de la santé des végétaux (ACIA, 2019b). Les ministères ont comme directive de travailler ensemble sur les questions d'importance croisée (p. ex. la réglementation des pesticides) (Cabinet du Premier ministre, 2019). L'ACIA est chargée d'administrer quatre textes législatifs clés relatifs à la santé des végétaux (tableau 1.4). En outre, la *Loi sur les sanctions administratives pécuniaires en matière d'agriculture et d'agroalimentaire* établit un système de sanctions qui donne à l'ACIA des moyens supplémentaires pour assurer le respect de la législation, tandis que la *Loi relative aux aliments du bétail* et la *Loi sur la santé des animaux*, également administrées par l'ACIA, jouent un rôle important pour assurer la sécurité des aliments, y compris la réglementation des caractères nouveaux<sup>6</sup> des approvisionnements alimentaires humains et animaux (ACIA, 2019b).

**Tableau 1.4 Législation phytosanitaire administrée par l'ACIA**

Loi	Objectif
<b>Loi sur les engrais</b>	Réglemente l'importation et la vente d'engrais et de suppléments (y compris biologiques et chimiques), et confère le pouvoir de prescrire des normes, de faire respecter les exigences en matière d'emballage et d'étiquetage, ainsi que d'inspecter et d'échantillonner les produits à des fins de conformité.
<b>Loi sur la protection des obtentions végétales</b>	Protège les droits des obtenteurs (une forme de droits de propriété intellectuelle) relatifs au matériel de multiplication. Cela comprend les semences et toute partie de la plante qui peut servir à la multiplication.
<b>Loi sur la protection des végétaux</b>	Réglemente l'importation, l'exportation et la propagation des organismes nuisibles aux végétaux, et prévoit leur contrôle et leur élimination, ainsi que la certification des plantes.
<b>Loi sur les semences</b>	Réglemente les normes de qualité, les catégories et les exigences d'étiquetage des semences vendues au Canada et confère le pouvoir d'inspecter et d'échantillonner les semences à des fins de conformité et d'enregistrement des variétés. Cela inclut les plantes à caractères nouveaux.

Adapté d'ACIA (2019b)

## Le Service canadien des forêts gère le secteur forestier au niveau fédéral.

Bien que les ressources forestières fassent partie des principales responsabilités de l'ACIA sur le plan phytosanitaire, la gestion fédérale du secteur forestier relève de RNCAN, qui gère le Service canadien des forêts (SCF) et collabore avec ses

<sup>6</sup> Un végétal à caractères nouveaux est défini par l'ACIA comme une plante qui « comporte un caractère à la fois nouveau dans l'environnement canadien et susceptible de compromettre l'utilisation spécifique et la sécurité de la plante sur le plan de l'environnement et de la santé humaine » (ACIA, 2020b).

homologues provinciaux et territoriaux (FAO, 2003). Le SCF exploite six centres de recherche forestière au pays et ses scientifiques fournissent une expertise sur un éventail de sujets, notamment l'identification des organismes nuisibles, les changements climatiques, la surveillance, la biodiversité et la conservation (RNCan, 2020g). Ces activités de recherche visent à fournir la base scientifique nécessaire à la prise de décisions éclairées par les gestionnaires des terres et les décideurs politiques (RNCan, 2020g). Bien que le SCF soit l'autorité nationale et le représentant international du secteur forestier du Canada (RNCan, 2020g), les provinces et les territoires ont compétence sur la plupart des forêts du pays et sont donc responsables de la création et de l'application d'un grand nombre de politiques, de règlements et de lois qui régissent la gestion des forêts (RNCan, 2020m). Le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) offre pour sa part des possibilités de discussion et d'échange d'idées entre les autorités fédérales, provinciales et territoriales (CCMF, 2021b). Le CCMF comprend un comité de mobilisation autochtone visant à établir des partenariats avec les communautés et leurs dirigeants (CCMF, 2021a).

### Il existe des domaines de responsabilité partagée au sein du gouvernement fédéral en ce qui concerne la santé des végétaux.

Le mandat de l'ACIA est vaste et se caractérise par de nombreux recoupements avec d'autres organismes fédéraux. Comme cela a été mentionné, Santé Canada et AAC ont une responsabilité partagée. L'ACIA collabore avec Santé Canada dans les domaines liés aux plantes destinées à l'alimentation, notamment celles ayant subi des modifications génétiques (ACIA, 2015). L'ACIA travaille également avec l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA), une direction de Santé Canada, pour assurer l'innocuité des pesticides utilisés au pays (ACIA et ARLA, 2000). AAC soutient l'ACIA dans son travail propre à l'agriculture en effectuant des recherches (surtout en ce qui concerne les phytoravageurs des cultures) et en formulant des réponses urgentes et non urgentes concernant les espèces envahissantes de plantes et de phytoravageurs (ACIA, 2015). L'ACIA travaille également en collaboration avec AAC sur les questions liées au commerce mondial des produits agricoles (ACIA, 2015).

En plus des efforts conjoints des organismes fédéraux décrits ci-dessus, l'ACIA travaille en étroite collaboration avec l'Agence des services frontaliers du Canada (ASFC) sur l'application de la biosécurité; avec Affaires mondiales Canada sur les questions relatives au commerce international; avec la Commission canadienne des grains (CCG) pour formuler des politiques relatives à l'industrie céréalière; avec Parcs Canada et ECCC sur les questions liées aux menaces que les espèces envahissantes font peser sur les écosystèmes, de même sur la détermination des risques phytosanitaires et l'élaboration de stratégies d'atténuation en lien avec les

changements climatiques; et enfin avec Innovation, Sciences et Développement économique Canada (ISDE) et le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) sur le développement de technologies innovantes (ACIA, 2015, 2017b).

### 1.5.3 Provinces, territoires et gouvernements locaux

Les provinces, territoires et municipalités constituent un élément essentiel du réseau de collaboration des partenaires chargés de protéger la santé des végétaux (ACIA, 2017c, 2019c). Les ministères fédéraux, provinciaux et territoriaux créent tous des règlements relatifs à la santé des végétaux (Gouv. du Qc, s.d.-a). Ces règlements sont éclairés par des comités, comme le Conseil canadien de la santé des végétaux (encadré 1.1). Les comités sont généralement composés de représentants spécialisés dans les questions phytosanitaires, qui se réunissent en groupes de travail et dont les recommandations sont ensuite présentées aux décideurs politiques qui les examinent. Dans le cas de l'ACIA, l'agence coordonne avec les ministères provinciaux et territoriaux chargés de l'agriculture, de l'environnement et des forêts l'établissement des priorités, la coopération aux efforts de surveillance visant la détection précoce des phytoravageurs, l'intervention en cas d'urgence et l'application des exigences en matière de compétences pour la protection des végétaux (ACIA, 2017b, 2019d; Conseil canadien de la santé des végétaux, 2019).

Les efforts des provinces et territoires visant à gérer les risques phytosanitaires sont variables. Bien que chaque province et territoire dispose d'un niveau de protection de base (c.-à-d. l'emploi d'agents de conservation et de la faune), certains possèdent des systèmes de surveillance, de contrôle et de gestion des risques plus solides que d'autres. Par exemple, le Pest Biosecurity Program de la Saskatchewan est axé sur la détection précoce et l'intervention rapide; il collabore avec la Saskatchewan Association of Rural Municipalities (SARM) pour fournir des services de contrôle des espèces envahissantes dans les municipalités rurales et les communautés autochtones (Gouv. de la Sask., s.d.).

## Encadré 1.1 Le Conseil canadien de la santé des végétaux

La *Stratégie sur la santé des végétaux et des animaux du Canada* (ci-après la Stratégie) a été élaborée conjointement par les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, l'industrie, le milieu universitaire et les ONG (ACIA, 2017c). L'objectif de la Stratégie est de protéger les ressources végétales et animales du Canada contre les risques existants et émergents pour leur santé grâce à des stratégies préventives et à des interventions concertées. Le mandat porte sur les secteurs de l'agriculture, de la foresterie, de l'aquaculture et de l'apiculture (c.-à-d. l'élevage des abeilles) (ACIA, 2017c).

Le Conseil canadien de la santé des végétaux (le Conseil) a été créé en 2018 pour mettre en œuvre les objectifs de la Stratégie en ce qui concerne la santé des végétaux (ACIA, 2018c). Le Conseil comprend des membres représentant les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, l'industrie et le milieu universitaire. La représentation des communautés autochtones brille toutefois par son absence. Le mandat du Conseil est de prioriser les principales activités phytosanitaires, de répondre aux nouveaux besoins et de faciliter la coopération entre les acteurs afin de déterminer les approches préventives pour protéger la santé des végétaux (ACIA, 2018c). Pour ce faire, le Conseil a formé des groupes de travail distincts axés sur les activités de surveillance, de biosécurité et d'intervention en cas d'urgence (Conseil canadien de la santé des végétaux, 2019) (une discussion plus en détail paraît à la section 5.1.2).

#### 1.5.4 Autres acteurs travaillant au sein du système phytosanitaire canadien

Alors que les décisions concernant la santé des végétaux ont traditionnellement été prises dans des ministères qui intègrent les points de vue des conseillers politiques et des scientifiques, il est de plus en plus reconnu que la prise de décision est renforcée par une communauté plus large d'acteurs représentant une diversité de points de vue. Comme le résume MacLeod *et al.* (2010), « il est désormais largement admis que si les politiques fondées sur des données probantes doivent reposer sur les meilleures preuves scientifiques, elles doivent également tenir compte des contextes sociaux et économiques plus larges dans lesquels les connaissances sont établies et utilisées ». Par exemple, les décisions quotidiennes d'importance cruciale pour la santé des végétaux sont souvent prises sur le terrain par les agriculteurs et les forestiers, et ces connaissances expérientielles peuvent renforcer et éclairer les politiques comme les cadres réglementaires. La figure 1.3 décrit d'autres acteurs qui ont été identifiés par le comité comme des voix clés dans le système phytosanitaire.

# En plus des autorités responsables des lois, politiques, règlements, mesures et accords (à l'échelle internationale, fédérale, provinciale, territoriale et municipale), il existe un certain nombre d'autres acteurs possédant des connaissances et une expertise pertinentes en matière de risques phytosanitaires au Canada :

## ONG

Les ONG au Canada travaillent sur un large éventail de questions liées directement ou indirectement à la santé des plantes. Les ONG collaborent souvent avec les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux et peuvent être particulièrement importantes au niveau local en tant que communicateurs clés entre les autres acteurs et les décideurs.

## Gouvernements et détenteurs de droits autochtones

Les peuples autochtones détiennent un savoir intime sur les plantes, leur mode d'existence traditionnel reposant sur des relations réciproques avec elles. Les peuples autochtones du Canada détiennent des droits sur les terres et, dans certains cas où il n'y a pas d'accord ou de traité passé avec la Couronne, le titre ancestral est protégé par la Constitution.

## Monde universitaire

La communauté universitaire fait progresser le domaine de la santé des plantes par la recherche, l'innovation et le transfert de connaissances. La recherche éclaire les politiques publiques et fournit les fondements scientifiques qui sous-tendent la législation et la réglementation phytosanitaires.

## Agriculteurs et propriétaires de boisés

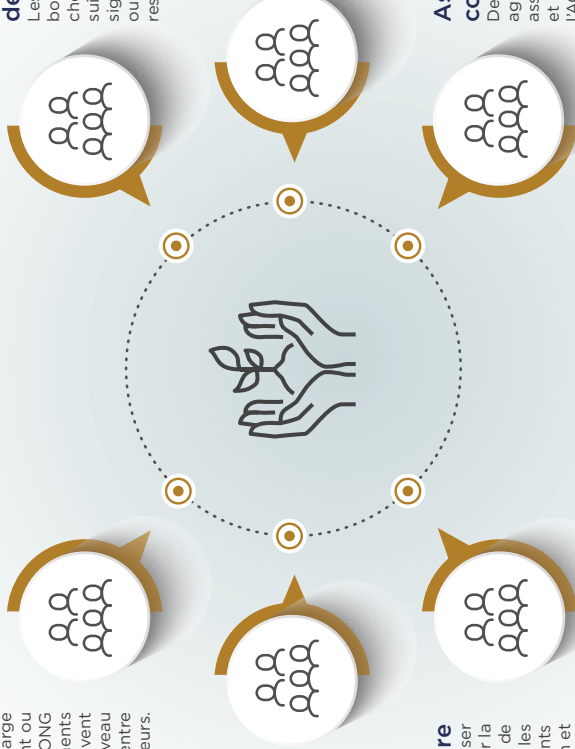
Les agriculteurs et les propriétaires de boisés protègent la santé des plantes par les choix qu'ils font et les pratiques qu'ils suivent, comme la surveillance et le signalement des infestations de ravageurs ou l'adoption de pratiques exemplaires respectueuses de l'environnement.

## Consommateurs et citoyens

Les consommateurs expriment leurs préférences grâce à leur pouvoir d'achat, tandis que les citoyens le font par le biais de la défense de leurs intérêts et de leur droit de vote qui, en retour, influencent la législation.

## Associations industrielles et commerciales

De nombreux secteurs de l'industrie forestière et agricole du Canada sont représentés par des associations commerciales, des conseils commerciaux et des groupes de producteurs. Ils interagissent avec l'ACIA pour maintenir et mettre en œuvre des normes phytosanitaires, promouvoir et protéger les intérêts de l'industrie tout en respectant les directives fédérales, et faire pression pour façonner les cadres réglementaires et les lois commerciales. L'industrie joue également un rôle clé dans le développement des technologies.



Sources : McNeil (2002); Pautasso *et al.* (2012); Turner *et al.* (2012); ISDE (2013); JUS (2018); ACIA (2019c); FAO (2019b)

## Figure 1.3 Acteurs pertinents pour la gestion des risques phytosanitaires au Canada

Les autorités internationales, fédérales, provinciales, territoriales et municipales peuvent veiller à ce que les risques phytosanitaires soient détectés et évalués à l'aide des meilleures informations possible en coordonnant leurs actions avec celle d'autres acteurs, comme les gouvernements et les Autochtones détenteurs de droits sur les terres, les associations industrielles et commerciales, les agriculteurs, les propriétaires de boisés, les ONG, le monde universitaire et le public, tout en tenant compte de leur contribution.



## 1.6 Structure du rapport

Le comité a élaboré un cadre de catégorisation des risques phytosanitaires importants et émergents au Canada, qui se reflète dans la structure du rapport. Le **chapitre 2** présente le contexte de risque phytosanitaire. Il porte sur les changements climatiques, la circulation des personnes et des marchandises et les processus évolutifs en tant que facteurs importants des risques pour la santé des végétaux. Les chapitres 3 à 6 donnent un aperçu de la façon dont ces facteurs influent sur la probabilité et les répercussions des risques phytosanitaires, et passent en revue les pratiques prometteuses qui peuvent contribuer à atténuer ces risques au Canada. Le **chapitre 3** examine la manière dont les changements environnementaux, en particulier ceux induits par les changements climatiques et les pratiques d'utilisation des terres, exacerbent les risques existants pour la santé des végétaux, tandis que le **chapitre 4** examine l'évolution du risque que représentent les organismes nuisibles à la santé des végétaux en raison de ces facteurs aggravants. Les risques liés à la gouvernance sont abordés au **chapitre 5**, qui porte sur les menaces présentes dans le contexte du système contrôle phytosanitaire au Canada. Parmi ces risques figurent ceux associés au manque de coordination et de communication entre les acteurs du système, aux technologies émergentes et aux questions liées à la confiance (ou à l'absence de confiance) du public envers la gouvernance. Le **chapitre 6** donne un aperçu des droits et des rôles des peuples autochtones dans le domaine de la santé des végétaux. Il décrit les visions du monde autochtone sur l'intendance et l'utilisation des terres, ainsi que les approches autochtones contemporaines de la gestion des terres et les façons dont les connaissances autochtones peuvent être incluses dans le système actuel de contrôle phytosanitaire du Canada. Enfin, le **chapitre 7** répond aux questions du mandat et comprend les réflexions finales du comité d'experts.

# Compréhension des risques pour la santé des végétaux

- 2.1 Végétaux, organismes nuisibles et environnement
- 2.2 Facteurs relatifs à la gouvernance
- 2.3 Approches de l'analyse des risques phytosanitaires

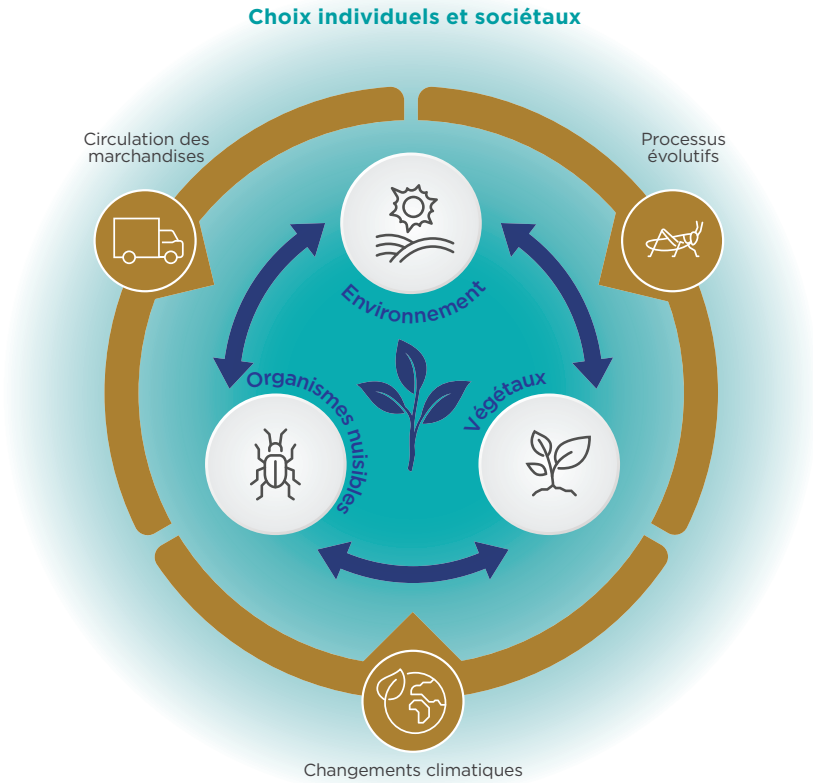
## Constatations du chapitre

- La santé des végétaux reflète les relations entre le végétal, son environnement et les organismes qui lui sont nuisibles, tous étant soumis à l'influence des facteurs aggravants et des choix des individus comme de la société.
- Les risques phytosanitaires vont des risques bien connus et prévisibles à ceux dont la probabilité et l'issue peuvent être difficiles à prévoir, en passant par les risques spéculatifs qui sont plausibles et potentiellement catastrophiques, mais qui peuvent aussi ne jamais se concrétiser.
- Des facteurs aggravants, comme les changements climatiques, la circulation des marchandises et les processus évolutifs, sont même d'accroître la complexité, l'incertitude et l'ambiguïté inhérentes à l'identification des risques phytosanitaires et à la réponse à y apporter.
- La vulnérabilité d'un écosystème végétal influence la probabilité qu'un risque se manifeste et la gravité potentielle des résultats. Les écosystèmes vulnérables ont tendance à être étroitement associés, comportant peu de barrières à la propagation d'événements indésirables comme les épidémies de phytoravageurs.
- Au contraire, les écosystèmes végétaux résilients sont ceux qui sont capables de conserver ou de récupérer leurs fonctions après un événement dangereux. La résilience est liée à la biodiversité et à la redondance de la fonction écosystémique.

Les végétaux, comme tous les organismes, n'existent pas de manière isolée. Leur vie et leur mort sont imbriquées dans les relations complexes qu'ils entretiennent avec leur environnement vivant (biotique) et non vivant (abiotique). C'est grâce à la force de ces relations qu'ils peuvent résister ou s'adapter aux changements ou au stress. La détection et l'évaluation d'un risque phytosanitaire dépendent de la capacité à quantifier à la fois la probabilité et les incidences d'une menace particulière. Pour ce rapport, les *incidences* sont définies comme les résultats d'événements dangereux (p. ex. une maladie ou un événement de prédation) qui affectent négativement les fonctions écosystémiques assurées par les végétaux.

## 2.1 Végétaux, organismes nuisibles et environnement

Le triangle des maladies des plantes illustre trois facteurs principaux qui interagissent pour déterminer la santé des végétaux : l'hôte, l'agent pathogène et leur environnement (Agrios, 2005). L'atténuation des risques et la gestion phytosanitaires font donc partie d'un processus intégré; les efforts spécifiques peuvent cibler soit l'environnement, soit le pathogène, soit l'hôte, et ces efforts sont combinés pour renforcer la santé globale d'une population végétale (Agrios, 2005). Pour élargir le modèle en triangle illustrant les maladies des plantes afin d'inclure tous les risques pour la santé de ces dernières, le comité a pris en compte les organismes nuisibles autres que les pathogènes (c.-à-d. les concurrents et les prédateurs), ainsi que les facteurs aggravants qui influencent à la fois la probabilité et les conséquences potentielles des risques phytosanitaires (figure 2.1). Ainsi, la santé des végétaux est fonction des relations entre la plante elle-même, les composants de son environnement (p. ex. température, précipitations, conditions du sol, communautés de pollinisateurs) et les organismes qui lui sont nuisibles. Les composantes phytosanitaires individuelles, ainsi que les relations entre elles, sont influencées par des facteurs aggravants comme les changements climatiques, la circulation des marchandises et les processus évolutifs. Toutes les composantes de la santé des végétaux ainsi que les facteurs aggravants sont influencés par des choix, individuels et sociétaux.



**Figure 2.1 Les risques phytosanitaires reflètent des relations complexes et dynamiques entre les végétaux, les organismes nuisibles et leur environnement**

Les choix que les gens font, en tant qu'individus et en tant que société, ont une incidence sur les facteurs aggravants comme les changements climatiques, les schémas de circulation et les processus évolutifs, mais peuvent également affecter les composantes phytosanitaires (les végétaux eux-mêmes, les organismes qui leur sont nuisibles et leur environnement), ainsi que les relations entre elles.

L'élimination totale des risques phytosanitaires n'est ni possible ni souhaitable. La perte de végétaux due aux maladies et à la prédation est importante pour les fonctions écosystémiques comme le cycle des nutriments et le soutien de la biodiversité (RNCAN, 2020k). Les risques phytosanitaires deviennent préoccupants lorsque des facteurs supplémentaires – comme la taille de la population végétale, les changements des conditions environnementales (température, humidité), les événements météorologiques extrêmes, les altérations des communautés végétales ou l'absence d'historique de coévolution, entre autres – entraînent des

dommages ou la perte rapide et substantielle des fonctions écosystémiques (RNCAN, 2020k). Les facteurs aggravants peuvent modifier notre compréhension des risques phytosanitaires en introduisant de l'incertitude et de la complexité dans l'estimation de la probabilité et des répercussions de menaces précises. Par exemple, les changements climatiques sont susceptibles de modifier l'environnement des végétaux et des organismes nuisibles, leurs réponses respectives aux conditions climatiques changeantes étant à leur tour influencées par des processus évolutifs (la force des pressions sélectives). Les plantes coexistent avec des espèces nuisibles – pathogènes, prédateurs et concurrents – qui peuvent leur causer des dommages directs et indirects, tandis que les espèces nuisibles elles-mêmes subissent la pression de leurs propres prédateurs, concurrents et pathogènes (encadré 2.1).

### Encadré 2.1 Qu'est-ce qu'un organisme nuisible?

Un **organisme nuisible** (appelé « **parasite** » dans la législation) est défini comme « toute chose nuisible – directement ou non – ou susceptible de l'être, aux végétaux, à leurs produits ou à leurs sous-produits » (GC, 1990). Il s'agit notamment :

- des organismes entraînant des maladies (**pathogènes**) qui altèrent les processus physiologiques normaux des végétaux, entraînant leur destruction partielle ou totale; ceux-ci sont généralement microscopiques ou inframicroscopiques. Les agents pathogènes des végétaux comprennent les champignons et les organismes apparentés aux champignons, les bactéries, les virus et d'autres organismes parasites (Burchett et Burchett, 2018);
- les organismes qui ont un impact négatif sur la santé des végétaux en leur causant des dommages physiques ou parce qu'ils en tirent directement leur subsistance, ce qui comprend les parasites (**prédateurs, ou phytoravageurs**). Les phytoravageurs invertébrés importants sur le plan économique comprennent les arthropodes (p. ex. les insectes, les acariens) et les nématodes (p. ex. les vers ronds). Les phytoravageurs vertébrés (p. ex. les cerfs, les oies, les souris) dévorent ou endommagent les récoltes sur pied (Burchett et Burchett, 2018; FAO, 2019a);
- les mauvaises herbes (**concurrents, ou adventices**), qui sont des plantes poussant là où elles ne sont pas désirées, mais plus particulièrement qui réduisent le rendement ou la qualité des populations végétales ayant une importance économique, écologique ou culturelle (p. ex. récoltes, forêts) (Khan *et al.*, 2019a; Chauhan, 2020).

### 2.1.1 Facteurs aggravants

Les défis de l'évaluation des risques phytosanitaires comprennent les facteurs aggravants qui peuvent augmenter le volume et la rapidité avec lesquels de nouvelles menaces arrivent au Canada, et modifier les relations actuelles entre les végétaux et les organismes nuisibles. Ces facteurs peuvent introduire de l'incertitude et de la complexité dans l'évaluation des risques que l'on croyait auparavant bien connus et prévisibles.

#### Les processus évolutifs modifient les relations phytosanitaires d'une génération à l'autre.

Les systèmes vivants sont dynamiques : sous l'effet de perturbations continues, ils connaissent des fluctuations qui tendent vers un état d'équilibre (Gunderson et Holling, 2002). La gestion des risques biotiques pour la santé des végétaux est un défi de taille, car les systèmes vivants évoluent de par leur nature au fil du temps. Aucun outil d'atténuation des risques biotiques pour la santé des végétaux ne saurait donc fonctionner indéfiniment ni systématiquement dans toutes les situations. L'agriculture manipule la relation entre les espèces végétales et leur habitat, l'homme intervenant pour maximiser la production en modifiant les environnements biotiques et abiotiques et la plante elle-même. Ces interventions peuvent également avoir un impact sur d'autres organismes qui vivent dans une zone donnée – comme les mauvaises herbes, les insectes et les microbes du sol – en modifiant les pressions sélectives sur les cultures et les organismes nuisibles, ce qui rend encore plus complexe la gestion de ces systèmes dynamiques (Owen *et al.*, 2014). Les pratiques de gestion forestière sont également confrontées à la nature dynamique des systèmes biotiques. Par exemple, les agents pathogènes indigènes des arbres peuvent être relativement omniprésents dans l'aire de répartition d'une espèce, les épidémies étant alors davantage liées aux changements environnementaux qui augmentent la sensibilité (p. ex. la sécheresse) qu'à la présence de l'agent pathogène lui-même (RNCAN, 2018). Ainsi, au Canada, le pourridié-agaric est causé par un champignon indigène, et sa propagation est influencée par le climat. En effet, un été plus chaud et plus sec (qui augmente la perte d'eau potentielle pendant la saison de croissance) est corrélé avec une mortalité plus élevée chez les jeunes pins tordus (*Pinus contorta*) attribuable à la maladie, alors qu'un printemps plus chaud est associé à une mortalité plus faible (Dempster, 2017). Les incidences des changements climatiques, les modifications des pratiques forestières, l'introduction continue d'espèces non indigènes due au commerce inter/intranational comme aux voyageurs, ainsi que l'expansion de l'aire de répartition de ces espèces compliquent davantage la compréhension des processus évolutifs en jeu dans les écosystèmes forestiers.

## Les changements climatiques ont des répercussions sur la santé des végétaux et modifient les relations entre ces dernières et les organismes nuisibles.

Le climat du Canada change. Depuis 1948, la température terrestre moyenne au Canada a augmenté d'environ 1,7 °C, soit près du double de la moyenne mondiale (GC, 2019b). Outre la température, les précipitations ont augmenté dans l'ensemble et cette tendance devrait se poursuivre, mais pas uniformément dans tout le pays. L'augmentation des événements météorologiques extrêmes est également liée aux changements climatiques, ces événements étant difficiles à prévoir, à planifier et à gérer (GC, 2019 b). Les changements climatiques ont des répercussions directes sur la santé des végétaux en modifiant l'environnement abiotique; ils affectent également les relations entre les végétaux et les insectes de manière observable et mesurable. Le réchauffement des températures a directement conduit à l'augmentation observée de la taille de certaines populations d'organismes nuisibles et à la modification des relations entre ces derniers et les végétaux (DeLucia *et al.*, 2012). Les taux élevés de CO<sub>2</sub> modifient les hormones végétales, ce qui peut rendre les végétaux plus sensibles aux insectes phytophages (Zavala *et al.*, 2017). Si des taux élevés de CO<sub>2</sub> peuvent également ralentir le développement des insectes, des températures plus élevées l'accélèrent. C'est notamment le cas dans les écosystèmes tempérés, où les changements climatiques peuvent entraîner une augmentation du nombre de générations d'insectes herbivores se succédant chaque année (Hamann *et al.*, 2020).

Les changements climatiques sont également à même de favoriser l'établissement de nouveaux organismes nuisibles, qui arrivent via des mécanismes de dispersion naturelle (p. ex. le vent, l'eau, les animaux) ou qui sont introduits par les voyages et le commerce. Dans certains cas, l'absence de prédateurs naturels et de défenses des plantes indigènes contre ces nouveaux phytoravageurs peut entraîner une croissance rapide des populations, les phytoravageurs pouvant nuire aux végétaux hôtes, mais aussi perturber les écosystèmes, la production et le rendement agricoles (Lopian, 2018). On s'attend à ce que les changements climatiques favorisent des épidémies plus fréquentes et plus graves de phytoravageurs, entraînant une mortalité importante (GC, 2014a). Les mauvaises herbes peuvent quant à elles s'établir dans de nouvelles zones, les changements climatiques risquant de rendre les conditions plus favorables dans leurs aires de répartition actuelles, augmentant leur avantage concurrentiel par rapport aux plantes cultivées (Grain Farmers of Ontario, 2019). En Amérique du Nord, l'aire de répartition de nombreuses espèces de mauvaises herbes s'étend vers le nord dans des régions qui étaient autrefois considérées comme trop froides pour assurer leur reproduction, y compris le Canada (Clements *et al.*, 2014). Les changements provoqués par le climat dans la compétitivité entre les mauvaises herbes et les



cultures pourraient rendre certaines mauvaises herbes plus difficiles à gérer (Peters *et al.*, 2014; Grain Farmers of Ontario, 2019), augmenter le coût de la lutte contre ces dernières (Korres *et al.*, 2016) et entraîner des pertes supplémentaires de rendement ou de qualité (Clements *et al.*, 2014).

### La circulation des personnes et des marchandises augmente la probabilité d'introduction de nouveaux organismes nuisibles.

L'impact des phytoravageurs peut être énorme sur les plans économique et environnemental. Les pertes de récoltes dues aux maladies des plantes coûtent à l'économie mondiale 220 milliards de dollars américains par an (Agrios, 2005), tandis que les espèces envahissantes entraînent des coûts dépassant les 70 milliards de dollars américains (Bradshaw *et al.*, 2016). À l'échelle mondiale, le commerce contribue largement à la propagation des organismes nuisibles envahissants, ainsi qu'à l'introduction de nouveaux organismes nuisibles (MacLeod *et al.*, 2010). Environ 58 % des espèces végétales envahissantes établies au Canada ont été introduites intentionnellement comme cultures agronomiques, plantes paysagères, plantes ornementales ou plantes médicinales (ACIA, 2008a). Le lieu d'origine de plus de 80 % des plantes envahissantes au Canada peut être retracé dans la région du paléarctique occidental, principalement l'Europe de l'Ouest, ce qui reflète les voies historiques de commerce et de colonisation, ainsi que la compatibilité du climat. Les échanges commerciaux actuels avec la région du paléarctique oriental (p. ex. Chine, Japon) sont responsables du deuxième groupe en importance d'espèces végétales envahissantes (ACIA, 2008a). Les espèces végétales envahissantes causent des dommages aux écosystèmes végétaux indigènes, ainsi qu'à l'exploitation agricole et forestière; certaines peuvent même être dangereuses pour la santé humaine et animale. Par exemple, la laitue scariole (*Lactuca serriola*) est originaire d'Asie, d'Europe et d'Afrique du Nord (Weaver et Downs, 2009). Au Canada, elle concurrence fortement le soja (*Glycine max*) en cas de sécheresse et peut réduire la qualité et l'efficacité des récoltes de blé d'hiver (*Triticum aestivum*). La plante se révèle également toxique pour le bétail qui se nourrit exclusivement de plantes fraîches et jeunes, et a été déclarée mauvaise herbe nuisible au Manitoba (Weaver et Downs, 2009).

Liebhold *et al.* (2012) estiment que près de 70 % des insectes et des pathogènes forestiers introduits aux États-Unis entre 1860 et 2006 sont très probablement arrivés suite à l'importation de plantes vivantes. La majorité des insectes se nourrissant de la sève et du feuillage, ainsi qu'environ la moitié des agents pathogènes forestiers, ont très probablement été introduits par l'importation de plantes vivantes, tandis que la majorité des insectes se nourrissant du bois et du phloème sont liés à l'importation de bois (y compris les emballages en bois). Parmi les exemples de phytoravageurs forestiers introduits à partir de plantes vivantes, citons la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) sur des plants de pin

importés d'Allemagne au début des années 1900 et, plus récemment, l'encre des chênes rouges (*Phytophthora ramorum*), qui est apparue en Californie au milieu des années 1990 et s'est propagée par le biais de matériel de pépinière dans tout l'ouest des États-Unis et au Canada (Liebhold *et al.*, 2012). Outre les pertes économiques dans les secteurs de l'agriculture et de la foresterie, les espèces végétales envahissantes peuvent causer des préjudices économiques à tous les gestionnaires des terres, y compris les administrations municipales. Un sondage mené en 2018 auprès de 88 municipalités et offices de protection de la nature ontariens a révélé qu'ils consacraient environ 13 % de leurs dépenses annuelles dévolues aux espèces (soit près de 2,7 millions de dollars) à la lutte contre les plantes envahissantes, et que plus de 75 % de ces fonds servaient à lutter contre seulement trois plantes : le roseau commun (*Phragmites australis*), le panais sauvage (*Pastinaca sativa*) et le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*) (Vyn, 2019).

### 2.1.2 Risques prévisibles, probabilistes et spéculatifs

Les écosystèmes végétaux dépendent à la fois de composants abiotiques (comme les nutriments minéraux, la température et l'eau) et de composants biotiques (comme les champignons, les pollinisateurs et les autres plantes) (Agrios, 2005; RNCAN, 2020k). Les facteurs de stress environnementaux comme la faible disponibilité des nutriments, les changements de température, l'humidité relative et l'accessibilité de la lumière, ainsi que le caractère et la qualité des microbiomes du sol et des populations de pollinisateurs, affectent la santé des végétaux, à la fois pris seuls (chapitre 3) et en combinaison avec les organismes nuisibles (chapitre 4). Certains risques phytosanitaires sont relativement bien connus et prévisibles, et ceux qui prennent les décisions de gestion (comme les agriculteurs) peuvent adapter leurs choix et méthodes de culture pour atténuer les résultats négatifs. Les organismes nuisibles connus, pour qui ils existent des stratégies de prévision et de gestion établies et accessibles, entrent dans cette catégorie. Cependant, les organismes nuisibles et les facteurs de stress environnementaux peuvent également interagir et entraîner des répercussions collectives qui diffèrent de celles où chaque facteur de stress agit seul (Seidl *et al.*, 2017; Burchett et Burchett, 2018). Par exemple, la propagation d'une espèce envahissante et l'évolution de la résistance aux pesticides sont deux risques connus pour la santé des végétaux; cependant, le moment où se produisent les répercussions et leur gravité varient en fonction de facteurs supplémentaires. Les différences dans l'utilisation des pesticides et les stratégies de protection des cultures peuvent affecter l'évolution de la résistance aux pesticides dans le temps et dans l'espace. De même, le climat et les modes d'utilisation des terres peuvent influencer sur le moment et l'ampleur de la propagation des espèces envahissantes, ainsi que sur les dommages qui en résultent pour les écosystèmes végétaux indigènes.

La difficulté de prévoir le moment, l'emplacement et la gravité des répercussions rend difficile l'établissement de stratégies d'atténuation proactives. Par conséquent, les stratégies pour faire face à ces risques probabilistes font appel à la recherche scientifique pour mieux éclairer les modèles prédictifs. Par exemple, la compréhension de la génétique des populations d'espèces de mauvaises herbes contribue à prédire leur potentiel invasif ou l'efficacité relative des mesures de contrôle (Clements *et al.*, 2004).

Le comité note également que certains risques sont spéculatifs, c'est-à-dire qu'il existe des types de risques connus (p. ex. les épidémies) qui ne se sont pas encore matérialisés (et ne le feront peut-être pas dans un avenir prévisible), mais dont les conséquences potentielles sont si catastrophiques que beaucoup affirment qu'elles ne peuvent être ignorées. Cependant, étant donné la nature multiforme du système de contrôle phytosanitaire au Canada (chapitre 1), le comité note que la caractérisation d'un résultat comme *catastrophique* diffère selon les secteurs comme la foresterie, les grandes cultures, l'horticulture et les écosystèmes naturels. La définition d'une catastrophe peut également varier en fonction de l'échelle à laquelle les limites du système sont tracées, et de la manière dont les différentes fonctions écosystémiques sont évaluées. En d'autres termes, une défaillance catastrophique du système phytosanitaire peut avoir un aspect très différent selon que l'échelle est celle d'un agriculteur individuel, d'une société d'exploitation forestière ou d'un exploitant de serre; d'un organisme de réglementation provincial ou territorial; d'une économie nationale; ou encore d'une organisation de commerce mondial. En outre, la disparition d'une espèce végétale d'un lieu donné peut être regrettable pour certains, mais catastrophique pour d'autres, en fonction de la valeur accordée à la préservation de la biodiversité ou des répercussions de cette perte sur d'autres espèces ou services écosystémiques. Au sein du système de contrôle phytosanitaire, de tels événements peuvent prendre la forme de l'apparition ou de l'introduction d'un phytoravageur qui entraîne l'extinction d'une ou plusieurs espèces végétales, de conditions de sécheresse intense qui s'étendent sur plusieurs années, d'inondations catastrophiques ou le tarissement complet et continu d'une culture auparavant productive. La gestion des risques pour de tels événements exceptionnels, mais plausibles, peut inclure des tests de scénarios (c.-à-d. l'examen des résultats et des interactions des risques sur de longues périodes) et des tests de sensibilité (p. ex. l'examen des réponses immédiates aux chocs à court terme) (BSIF, 2009), bien que leur application dans le système de contrôle phytosanitaire ait été minime jusqu'à présent.

## 2.2 Facteurs relatifs à la gouvernance

Les risques phytosanitaires ne découlent pas uniquement des plantes, de l'environnement et des organismes nuisibles. La gouvernance du système de contrôle phytosanitaire influence à la fois la probabilité et les conséquences potentielles des événements dangereux (chapitre 5). Bien que les risques de gouvernance pour la santé des végétaux soient omniprésents dans tous les écosystèmes végétaux, les conséquences potentielles des défaillances en matière de gouvernance sont peut-être plus visibles dans les systèmes arboricoles en



La **vulnérabilité** désigne l'incapacité du système à résister aux répercussions d'un événement indésirable et à retrouver son état original ou son fonctionnement initial après l'événement (Rausand, 2011).

raison de la longue durée de vie des arbres et de leur temps de récupération plus lent (par rapport aux systèmes de cultures annuelles). Par exemple, l'importation involontaire d'un nouveau phytoravageur forestier peut provoquer une nouvelle maladie qui endommage les fonctions régulatrices et culturelles de l'écosystème, entraînant des pertes économiques et une dégradation de l'environnement. La probabilité d'importation et d'établissement reflète non seulement les capacités de dispersion de l'organisme et l'adéquation de l'environnement, mais aussi la fréquence à laquelle les produits potentiellement infectés sont importés (un reflet des accords commerciaux et de la demande du marché, entre autres facteurs), de même que l'efficacité des pratiques de surveillance et de quarantaine (un reflet de la réglementation et des ressources, entre autres). Les conséquences potentielles d'une nouvelle maladie des arbres sont également influencées par la conception du système, comme la plantation d'un seul

type d'arbre d'ombrage dans les zones résidentielles (encadré 2.2), ou la rareté des politiques relatives au déplacement national du bois et des produits du bois potentiellement infestés. La vulnérabilité et la résilience sont des facteurs qui influencent la capacité d'un système à éviter ou à absorber les conséquences d'un événement dangereux tout en maintenant son fonctionnement.

## Les systèmes complexes et étroitement couplés sont plus vulnérables aux catastrophes.



La **résilience** est la capacité du système à absorber les chocs et à s'adapter aux changements tout en maintenant son fonctionnement et en évitant les défaillances (Rausand, 2011).

Le système de contrôle phytosanitaire forme une architecture complexe composée d'acteurs locaux, infranationaux, nationaux et mondiaux, intimement liés par le commerce; or, la diversité des objectifs qu'ils poursuivent complique les interactions entre ces acteurs (chapitre 1). Les *systèmes complexes* présentent une non-linéarité telle qu'il est difficile d'établir un lien de causalité entre les événements dangereux et leurs conséquences potentielles, des incidents apparemment mineurs se combinant de manière inconnue, imprévue ou inobservable (Perrow, 1999). Si, sur le plan biologique, les risques phytosanitaires sont souvent complexes et impliquent des relations non linéaires, ainsi que des effets directs et interactifs, les éléments humains du système de contrôle phytosanitaire peuvent également être source de complexité. Par exemple, une nouvelle épidémie de phytoravageurs peut passer inaperçue au point que les

stratégies d'éradication ne sont pas applicables, non pas en raison d'un manque de surveillance, mais plutôt d'un manque de compréhension et de flux d'informations dû à une communication et une coordination floues entre une multitude d'acteurs (chapitre 5).

Le *couplage* reflète la mesure dans laquelle les éléments du système sont interconnectés – c'est-à-dire, s'il y a du flottement entre les éléments (Perrow, 1999). Les systèmes étroitement couplés, souvent plus efficaces, limitent par contre les possibilités d'intervention, d'isolement et de compréhension lorsque des événements dangereux surviennent. Les incidents, les défaillances et les erreurs se produisent dans les systèmes complexes, et aucun effort de prévention ne peut être totalement efficace. Ainsi, un autre objectif pour éviter les catastrophes consiste à mettre en place des systèmes capables de résister à de tels incidents (Perrow, 1999). Les caractéristiques communes des systèmes susceptibles de subir des défaillances catastrophiques peuvent mettre en lumière des stratégies permettant à la fois de reconnaître les problèmes potentiels et d'atténuer les scénarios à haut risque (encadré 2.2).

## Encadré 2.2 Exemples de pertes catastrophiques dans les systèmes végétaux

### Maladie hollandaise de l'orme

La maladie hollandaise de l'orme, causée par les champignons pathogènes *Ophiostoma ulmi* et *O. novo-ulmi*, a entraîné la perte de 80 à 90 % des ormes d'Amérique (*Ulmus americana*) de Montréal et de Toronto dans les années 1970 (Rioux, 2003). Les impacts de cette maladie ont été vivement ressentis par de nombreux habitants des villes de l'est de l'Amérique du Nord, où les ormes d'Amérique étaient des arbres d'ombrage fréquemment plantés le long des rues résidentielles (Schlarbaum *et al.*, 1997).



La perte des boulevards bordés d'arbres est allée au-delà des dommages fonctionnels causés à l'aménagement paysager des banlieues; ses répercussions sont notables dans la culture américaine au sens large. Par exemple, l'enlèvement d'un orme malade dans le jardin de la famille Lisbon occupe une place importante dans le roman, puis dans le film *Cri ultime* (V.O. *The Virgin Suicides*) (Eugenides, 1993).

### Maladie de Panama

La maladie de Panama est une phytopathologie mortelle pour les bananes (*Musa spp.*), causée par le champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense*, présent dans le sol (Ploetz, 1994). À mesure que le commerce mondial des bananes s'est développé, la propagation de la maladie de Panama a emboîté le pas dans les plantations des régions tropicales du monde entier (Ploetz, 1994), ce qui a conduit à l'éradication du cultivar Gros Michel dans les années 1960 et à l'abandon de plantations à travers l'Afrique et les Amériques (Stover, 1962). Le commerce mondial de la banane a survécu grâce au développement d'un nouveau cultivar résistant, le Cavendish; cependant, une nouvelle variante du champignon, connue sous le nom de race tropicale 4 (TR4), menace à nouveau la survie du commerce mondial des bananes (Fones *et al.*, 2020). Les estimations (rares) des répercussions économiques du TR4 sont de l'ordre de 120 à 240 millions de dollars américains par an en Indonésie et à Taïwan, respectivement (Stockstad, 2019). La confirmation de la présence de TR4 dans les bananeraies colombiennes en 2019 a conduit le pays à déclarer l'état d'urgence (Galvis, 2019).

Le commerce international est une vulnérabilité inhérente au système de contrôle phytosanitaire du Canada : l'importation de matériel végétal peut en effet entraîner l'introduction de nouvelles maladies, de nouveaux insectes et de nouvelles espèces de mauvaises herbes. La vulnérabilité peut être réduite en utilisant des barrières (p. ex. des procédures, des contrôles administratifs) qui empêchent, contrôlent ou limitent les dommages causés par un événement dangereux. Les barrières peuvent être proactives (c.-à-d. empêcher les événements dangereux de se produire) ou réactives (c.-à-d. arrêter ou atténuer les conséquences après coup) (Rausand, 2011). L'atténuation est quant à elle une mesure qui réduit la sévérité, la gravité ou la pénibilité d'un événement dangereux (Rausand, 2011). Le commerce mondial des bananes, du bois d'œuvre et l'utilisation d'emballages en bois ont facilité l'introduction des agents pathogènes de la maladie hollandaise de l'orme et de la maladie de Panama dans de nouvelles zones géographiques (encadré 2.2). L'ACIA a pour mandat d'adopter et de mettre en œuvre des mesures qui créent des barrières à de tels risques, notamment par l'évaluation des risques, la surveillance et la fixation d'objectifs d'inspection (BVG, 2008). La plantation d'une seule espèce ou variété n'offre aucun tampon ou barrière pour ralentir la propagation des maladies entre les plantes individuelles (Fones *et al.*, 2020). L'industrie mondiale de la banane et le paysage suburbain nord-américain étaient des systèmes étroitement couplés en raison de la domination d'un seul type de plante : les plantations ne comprenant qu'une seule variété de bananes (Fones *et al.*, 2020) et les quartiers n'étant bordés que d'ormes d'Amérique (Schlarbaum *et al.*, 1997).

### La biodiversité et la redondance fonctionnelle peuvent améliorer la résilience des écosystèmes.

Il n'est pas toujours possible de réduire la vulnérabilité des systèmes de contrôle phytosanitaire. L'augmentation de la résilience, c'est-à-dire l'amélioration de la capacité d'un système à se remettre d'événements dangereux, est donc une stratégie complémentaire à considérer. Dans le domaine des finances, il est largement reconnu qu'en augmentant la diversité des actifs détenus dans un portefeuille, on répartit le risque entre ces avoirs, le compromis étant un bénéfice moindre pour chaque avoir (Figge, 2004). Cette démarche peut avoir des applications dans la gestion des risques pour différents écosystèmes végétaux, où ce n'est pas le nombre absolu d'espèces (ou de gènes, ou de populations) qui a de la valeur, mais plutôt la diversité des caractéristiques (c.-à-d. la variabilité ou la diversité fonctionnelle) (Figge, 2004). Il a été constaté que la diversité végétale est le moteur de la productivité et des services des écosystèmes (Tilman *et al.*, 2012; Liang *et al.*, 2016), et qu'elle peut également soutenir d'autres types de diversité, comme dans les communautés bactériennes foliaires qui contribuent à la productivité des communautés végétales (Laforest-Lapointe *et al.*, 2017).

La biodiversité est également une composante de la santé du sol, cette dernière étant un déterminant important de la résilience des écosystèmes végétaux (section 3.2). Par exemple, les relations symbiotiques entre les champignons (mycorhizes à vésicules et arbuscules) et les racines des plantes terrestres sont présentes dans tous les phylums de plantes terrestres (Smith et Read, 2008), et la présence de ces champignons est un facteur déterminant de la biodiversité et de la productivité des végétaux (Van der Heijden *et al.*, 1998; Schnitzer *et al.*, 2011). Dans les écosystèmes forestiers tempérés, la strate herbacée – plantes vasculaires d'un mètre ou moins de hauteur – est la plus diversifiée et peut contenir plus de 90 % des espèces végétales de la forêt (Gilliam, 2007). Bien qu'elle représente moins de 1 % de la biomasse aérienne d'une forêt, la strate herbacée contribue de manière substantielle aux fonctions écosystémiques. Elle joue un rôle de médiateur dans la dynamique du carbone et le flux d'énergie dans les forêts, influence le cycle des nutriments essentiels et est un facteur déterminant des modèles de régénération des espèces de l'étage dominant (c.-à-d. les arbres) (Gilliam, 2007).

La redondance des fonctions écosystémiques entre les espèces augmente la résilience des écosystèmes. Toute reproduction sexuée chez les plantes repose sur des agents biotiques (les animaux) ou abiotiques (le vent, l'eau) pour la pollinisation (Bennett *et al.*, 2018). Des cultures comme les pommes (*Malus* sp.), les bleuets et les canneberges (*Vaccinium* sp.), le tournesol (*Helianthus annuus*) et la luzerne (*Medicago sativa*) dépendent toutes de la pollinisation par les insectes pour leur production (Reilly *et al.*, 2020). Dans une étude sur les vergers de pommiers au Québec, la pollinisation par les abeilles sauvages a produit une plus grande quantité de fruits et de graines que la pollinisation par les abeilles domestiques louées (*Apis* sp.), probablement en raison de la diversité accrue du comportement de recherche de nourriture et des schémas d'activité (Teixeira-Martins, 2013). La diversité des espèces de pollinisateurs crée des redondances dans les services de pollinisation, ce qui permet d'amortir les pertes des espèces individuelles au gré des conditions environnementales changeantes (Brittain *et al.*, 2013). En effet, comme le conclut Holling (1996), « la réduction de la variabilité des systèmes vivants, du point de vue des organismes jusqu'au niveau des écosystèmes, conduit inévitablement à une perte de résilience dans la partie du système régulée par de tels organismes ».



## 2.3 Approches de l'analyse des risques phytosanitaires

Depuis des décennies, l'analyse quantitative (ou probabiliste) des risques constitue la base de la prise de décision dans l'industrie. Elle implique de répondre à trois questions principales (examinées dans Aven, 2020) :

- Qu'est-ce qui peut mal tourner?
- Quelles sont les probabilités que l'événement se produise?
- Quelles seraient les conséquences?

Ces trois questions sont directement liées aux principales étapes d'une analyse de risque, qui utilise toutes les données probantes accessibles pour déceler et caractériser un risque (Rausand, 2011). L'ACIA suit un processus d'analyse des risques qui comprend les éléments suivants : *évaluation* (caractérisation des risques en fonction de leur probabilité et de leur résultat), *gestion* (établissement d'options pour atténuer les risques) et *communication* (contact avec les parties prenantes tout au long du processus) (ACIA, 2014). Une fois que les menaces, leurs probabilités et leurs conséquences ont été déterminées (évaluation des risques), un plan de gestion des risques est adopté. Ce plan peut inclure des considérations sur les coûts potentiels par rapport aux avantages des différentes stratégies d'atténuation, l'acceptabilité du risque pour les victimes potentielles, et les circonstances dans lesquelles le risque peut être plus ou moins tolérable (c.-à-d. l'existence de stratégies d'atténuation ou de gestion) (Rausand, 2011; ACIA, 2014). Dans la gestion phytosanitaire, le cadre d'analyse des risques de l'ACIA intègre les processus d'évaluation et de gestion dans la communication des risques, grâce à des stratégies d'information ouverte, de données ouvertes et de dialogue ouvert, afin d'accroître la transparence et de faciliter l'échange d'informations (ACIA, 2014). Ces stratégies visent à améliorer l'échange d'information, de données et le dialogue entre les évaluateurs et les gestionnaires des risques et les parties prenantes et détenteurs de droits tout au long des phases d'évaluation et de gestion (ACIA, 2014).

### La complexité, l'incertitude et l'ambiguïté constituent un défi pour l'évaluation et la gestion des risques.

Pour de nombreux risques, les approches quantitatives de l'évaluation sont limitées par l'accessibilité des données et l'incertitude; les évaluations doivent également s'appuyer sur les jugements qualitatifs d'experts dans les domaines concernés (Aven, 2020). Lorsque les faits sont incertains, la légitimité des estimations quantitatives peut être remise en question, notamment lorsqu'elles sont utilisées pour obtenir une valeur clé (p. ex. la probabilité statistique d'introduction ou d'établissement d'un organisme nuisible) avec une précision supérieure à ce qui est techniquement possible (Funtowicz et Ravetz, 1994). De plus, ces approches d'évaluation ne répondent pas pleinement à l'objectif

ultime de la plupart des évaluations des risques, qui est d'éclairer les décisions politiques et les choix publics (Rosa, 1998). Bien que les évaluations techniques fassent partie intégrante des décisions politiques, elles ne tiennent pas forcément compte du jugement et de la tolérance qui sont nécessaires à l'évaluation des risques (Klinke et Renn, 2012). Comme le note Rosa (1998), « la science est un système de connaissances essentiel, mais incomplet pour de nombreux problèmes environnementaux et autres questions de risques auxquels le monde est confronté ». Les stratégies qui vont au-delà de l'évaluation quantitative des risques peuvent aider à résoudre la complexité, l'incertitude et l'ambiguïté de questions politiques plus larges, comme celles liées à la santé des végétaux (encadré 2.3).

### Encadré 2.3 Complexité, incertitude et ambiguïté de l'analyse des risques

La **complexité** reflète une difficulté à établir des liens de causalité entre les événements et les résultats en raison d'une relation non linéaire entre la cause et l'effet. Lorsque la cause et l'effet ne peuvent être établis par le biais d'une analyse quantitative, on s'entendra sur les relations de cause à effet les plus probables en discutant les données probantes existantes dans diverses disciplines connexes.

L'**incertitude** renvoie au caractère limité ou à l'absence de données et d'informations faisant en sorte que la probabilité et les issues possibles des événements dangereux ne peuvent être établies de manière concluante. Une approche visant à réduire l'incertitude consiste à inclure une base de données probantes plus large.

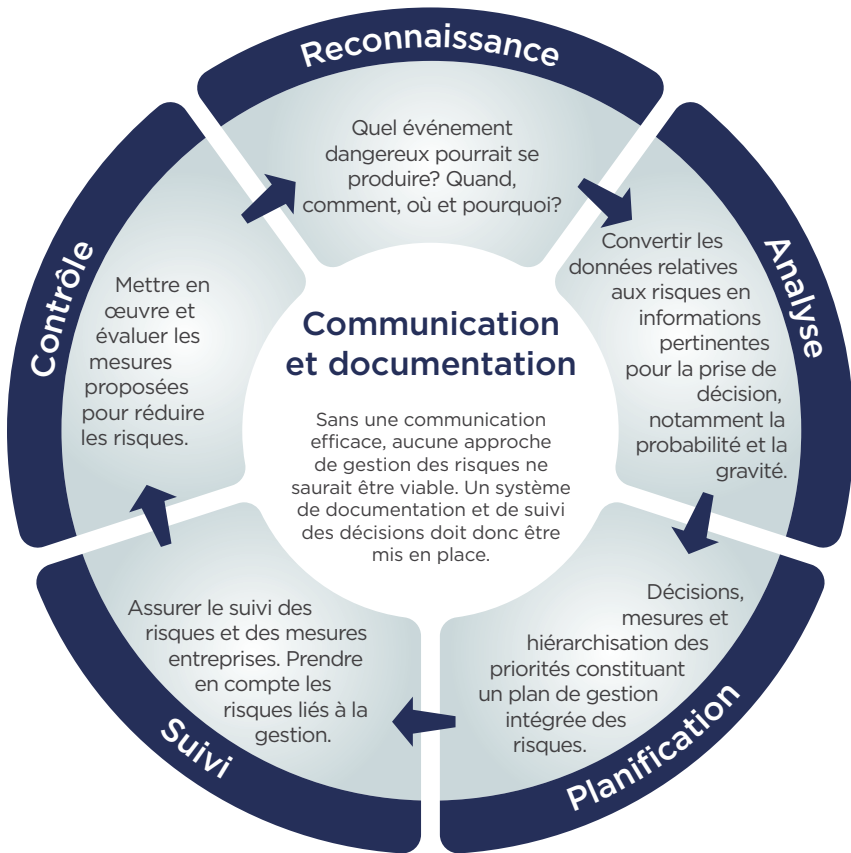
L'**ambiguïté** désigne une situation dans laquelle des réflexions ou des interprétations différentes et parfois divergentes sont appliquées à un même phénomène de risque. L'ambiguïté peut être fonction de différences légitimes dans l'interprétation des données entre les disciplines, mais elle peut aussi découler de différences dans les jugements de valeur sur ce qui est tolérable par rapport à un risque.

(Examiné dans Klinke et Renn, 2012)

### La gestion des risques peut être un processus itératif et adaptatif.

La recherche sur la théorie de la décision reconnaît que les décisions concernant les mesures de réduction des risques nécessitent une communication et un suivi, qui, en retour, peuvent éclairer les évaluations futures des risques (Rausand, 2011). La gestion continue du risque est une approche formalisée visant à relier l'analyse,

la gestion et la communication dans un processus itératif et adaptatif (figure 2.2). Au fur et à mesure que de nouvelles informations et connaissances apparaissent, la gestion des risques peut être mise à jour et améliorée grâce à de multiples itérations du cycle de gestion. Bien que de tels modèles de gestion continue des risques ne fassent pas encore partie intégrante du système de contrôle phytosanitaire au Canada, ils peuvent être connus à titre d'approches de *gestion adaptative* dans les domaines de l'évaluation environnementale (voir p. ex. GC, 2019d) et la conservation de la faune (voir p. ex. Serrouya *et al.*, 2019)



Adapté de Rausand (2011)

### Figure 2.2 Gestion continue des risques

La gestion continue des risques considère la communication et la documentation comme des éléments centraux du processus, garantissant que les itérations futures des évaluations des risques sont pleinement éclairées par les itérations précédentes, ainsi que par toute nouvelle connaissance générée ou découverte par les acteurs et les participants depuis.

Le comité a étudié les risques phytosanitaires dans le système canadien actuel à travers un prisme multidisciplinaire, à l'aide d'un modèle de gestion continue des risques. Il a ainsi examiné différents aspects de la détection, de l'analyse, de la planification, du suivi et du contrôle des risques phytosanitaires, actuels et émergents. Une lacune notable du système canadien de contrôle des végétaux est l'absence de systèmes de connaissances autochtones dans la reconnaissance et la détermination des risques, ainsi que d'experts et de gouvernements autochtones prenant part aux processus décisionnels (chapitre 6).

# Risques environnementaux pour la santé des végétaux

- 3.1 Changements des conditions abiotiques
- 3.2 Risques pour la santé du sol
- 3.3 Risques pour les services de pollinisation
- 3.4 Qualité et disponibilité de l'habitat
- 3.5 Gestion des risques à la lumière de l'incertitude et du changement

## Constatations du chapitre

- Le climat du Canada change : la hausse des températures, la fréquence plus élevée d'événements météorologiques extrêmes, ainsi que la modification des régimes de précipitations peuvent causer des dommages étendus aux végétaux, des dommages qui sont difficiles à prévoir et à atténuer.
- Les changements climatiques associés à l'augmentation de la conversion des terres altèrent la qualité, la disponibilité et la connectivité des habitats végétaux, ce qui entraîne un déclin de la biodiversité indigène.
- Les écosystèmes végétaux sont moins résistants aux changements environnementaux lorsque la santé du sol et les services de pollinisation déclinent.
- Le rythme rapide des changements environnementaux met à mal la capacité d'adaptation des populations végétales et du système de contrôle phytosanitaire.
- Les pratiques de gestion et les technologies innovantes se révèlent prometteuses pour atténuer les risques, mais leur portée, leur développement et leur rythme d'adoption actuels pourraient être insuffisants pour répondre aux besoins futurs sur le plan phytosanitaire.

**B**ien qu'il existe d'autres menaces en présence, les changements climatiques, certaines pratiques d'utilisation des terres et les organismes nuisibles (abordés au chapitre 4) sont les principaux facteurs de risques environnementaux pour la santé des végétaux au Canada. Les menaces environnementales pesant sur les végétaux sont interconnectées et ont souvent des effets cumulatifs et interdépendants. Par exemple, les risques abiotiques (les précipitations) générés par l'environnement peuvent directement et indirectement affecter et amplifier les risques biotiques (comme les épidémies de phytoravageurs), et vice versa (Seidl *et al.*, 2017). Si les végétaux subissent toujours un stress abiotique et biotique, les changements climatiques amplifient les facteurs de stress actuels, accroissent l'incertitude et peuvent introduire de nouveaux risques.

Le présent chapitre examine les manières dont les modifications de l'environnement, notamment celles induites par les changements climatiques et les pratiques d'utilisation des sols, exacerbent les risques phytosanitaires existants. Les domaines à risque abordés comprennent les changements des conditions abiotiques, les menaces pesant sur le sol et la pollinisation, ainsi que

le déclin de la qualité et de la disponibilité des habitats. Ces changements se traduisent une plus grande incertitude quant à la probabilité et à l'impact des risques, ce qui complique en retour la gestion de ces derniers. Le système de contrôle phytosanitaire canadien s'adapte à certains des risques environnementaux liés aux changements climatiques, et certaines pratiques prometteuses sont mises en évidence. Les principales variations régionales et sectorielles sont également notées.

## 3.1 Changements des conditions abiotiques

Les végétaux ont besoin d'un climat adapté, y compris d'une hygrométrie suffisante pour se développer de manière optimale. Même si des variations de conditions abiotiques se produisent naturellement, les changements climatiques (notamment la hausse des températures, l'augmentation de la fréquence et de la gravité des phénomènes météorologiques extrêmes et les fluctuations de CO<sub>2</sub>) intensifient ces variations. À leur tour, ces modifications des aspects abiotiques de l'environnement peuvent entraîner une mortalité généralisée des végétaux et la perte consécutive de leurs fonctions économiques, écologiques et culturelles.

### 3.1.1 Augmentation des températures et de la variabilité

La hausse des températures au Canada et dans le monde est attribuée à l'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>, qui ont presque doublé depuis 1750 (GC, 2019b; GIEC, 2021). Si la majeure partie du pays se réchauffe, le nord et l'ouest du Canada tendent à se réchauffer de manière particulièrement marquée (Vincent *et al.*, 2012). La température moyenne au Canada devrait augmenter de 1,5 °C d'ici 2050 par rapport à celle mesurée entre 1986 et 2005, et de 1,8 °C d'ici la fin du siècle si les émissions de CO<sub>2</sub> ne sont pas réduites<sup>7</sup> (GC, 2019b). Si les émissions de carbone restent élevées, les températures pourraient augmenter de 2,3 °C d'ici 2050 et de 6,3 °C d'ici 2100. Le réchauffement dans le nord du Canada pourrait bien atteindre 7,8 °C d'ici 2100 (GC, 2019b).

### L'incidence de l'augmentation des températures sur l'agriculture reste incertaine.

Les étés plus chauds au Canada devraient allonger la saison de croissance (GC, 2019b), ce qui pourrait mettre à la disposition des agriculteurs un plus grand choix de cultures (Kulshreshtha, 2019), leur permettre de cultiver certaines plantes plus au nord (GC, 2014a) et, éventuellement, mener à une progression du PIB (Ochuodho et Lantz, 2015). Selon la modélisation, un réchauffement allant

<sup>7</sup> Selon le *Rapport sur le climat changeant du Canada*, un scénario de faibles émissions exigerait que les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> « culminent presque immédiatement et soient réduites à un niveau proche du zéro [net] bien avant la fin du siècle » (GC, 2019b).

jusqu'à 3 °C au Canada pourrait augmenter les rendements du blé et du canola au cours des prochaines décennies (Qian *et al.*, 2019). Toutefois, les avantages potentiels du réchauffement en termes de rendement diminuent passé un seuil de 2,5 °C (Qian *et al.*, 2019) étant donné que, au-delà d'un certain point, les températures élevées peuvent être nuisibles aux cultures (Hatfield et Prueger, 2015). Ces résultats correspondent à ceux d'autres modèles qui ont constaté des gains à court terme dans le rendement du blé découlant d'une augmentation modeste des températures, mais des reculs à long terme si le climat se réchauffe de 4 °C en moyenne (Asseng *et al.*, 2015).

Il est cependant crucial de souligner que la plupart des modèles considèrent les augmentations de température de manière isolée. Les phénomènes météorologiques extrêmes – qui seront plus fréquents et plus graves en raison des changements climatiques – sont rarement pris en compte dans les modèles (Smith *et al.*, 2013; Qian *et al.*, 2019). Ces derniers ne prennent pas non plus souvent en compte les effets d'interaction entre les plantes, ni les agents de perturbation multiples (p. ex. les organismes nuisibles) (Seidl *et al.*, 2017; Boyd et Markandya, 2021). Une étude systématique a montré que l'air plus sec associé au réchauffement réduit le rendement et la croissance des végétaux, même s'ils sont bien arrosés (López *et al.*, 2021). Ainsi, il n'est pas certain que la productivité des cultures augmentera réellement (Kulshreshtha et Wheaton, 2013).

### Les changements climatiques réduiront la quantité et la qualité de l'approvisionnement en bois d'œuvre du Canada.

On s'attend à ce que les changements climatiques réduisent la quantité et la qualité de l'approvisionnement en bois d'œuvre provenant des espèces d'arbres commerciales du Canada de 2 à 23 % d'ici les années 2080 (TRNEE, 2011). Ce déclin anticipé de la productivité est dû non seulement à des changements dans la répartition et la croissance des arbres à cause des températures plus élevées, mais aussi à des événements climatiques extrêmes et à des changements dans la répartition des organismes nuisibles (Williamson *et al.*, 2012; RNCAN, 2020k) (voir la section 3.1.2 et le chapitre 4, respectivement). Les modèles prédisent que, pour la majeure partie du Canada, entre 90 et 100 % du volume total de bois pourrait être à risque de mortalité compte tenu des conditions dues aux changements climatiques entre 2071 et 2100 (Boucher *et al.*, 2018). Ces modèles incluent les impacts négatifs des sécheresses, des feux irréprimés et des épidémies de phytoravageurs (Boucher *et al.*, 2018).

L'évolution de la composition des forêts attribuable aux changements climatiques menace encore davantage l'approvisionnement en bois d'œuvre (Brecka *et al.*, 2018). Par exemple, la composition de la forêt boréale évolue vers des espèces à feuilles caduques plus abondantes par rapport aux conifères (Searle et Chen, 2017).



Bien que ce changement soit une réponse naturelle aux conditions changeantes et que l'industrie forestière puisse utiliser d'autres espèces, la plupart des produits forestiers sont extraits de conifères (RNCAN, 2020b), avec comme conséquence potentielle des réductions dans l'approvisionnement en bois d'œuvre. Dans l'ensemble, les arbres qui dominent la partie nord de la forêt boréale canadienne sont les plus vulnérables aux changements climatiques (RNCAN, 2020c). Bien que l'on observe une tendance générale dans les forêts où les conifères sont remplacés par des arbres à feuilles caduques, ceux-ci ne sont pas non plus à l'abri des effets des changements climatiques, comme l'illustre le cas du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*) (encadré 3.1).

### Encadré 3.1 Incidences des changements climatiques sur le peuplier faux-tremble



Le peuplier faux-tremble (ou peuplier blanc) est l'arbre à feuilles caduques le plus abondant dans la forêt boréale du Canada (RNCAN, 2020c). Cette essence est importante sur le plan économique (en raison de sa fibre) et écologique (parce qu'elle confère nourriture et habitat pour la faune). Cependant, l'espèce est sensible à la sécheresse. Or, les graves sécheresses des dernières années ont entraîné le dépérissement et le déclin généralisés du peuplier faux-tremble dans les Prairies (RNCAN, 2020c).

À elle seule, la sécheresse qui a sévi de 2001 à 2002 a entraîné une augmentation de 20 % du taux de mortalité du peuplier faux-tremble, ce qui a donné lieu à 45 millions de tonnes de biomasse morte en Alberta et en Saskatchewan, les régions les plus touchées (Michaelian *et al.*, 2011). Cette quantité est équivalente à deux années de production de la biomasse totale des essences de feuillus récoltés au Canada (RNCAN, 2020c). Outre la sécheresse, qui s'est révélée le principal facteur de mortalité des trembles, les épidémies de phytoravageurs, favorisées par les changements climatiques, ont également contribué à leur déclin (Price *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2018).

La réduction de la quantité et de la qualité du bois d'œuvre entraînera des pertes financières. On estime que les incidences des changements climatiques sur l'approvisionnement en bois entraîneront des coûts compris entre 2 et 17 milliards de dollars par an d'ici les années 2050, ce qui réduirait le PIB du Canada de 0,3 % (TRNEE, 2011). Une autre estimation prévoit que les pertes cumulatives du PIB canadien d'ici 2080 pourraient atteindre 459 milliards de dollars si aucune mesure d'adaptation n'est prise (Ochuodho *et al.*, 2012). Ces impacts ne toucheront pas toutes les régions du Canada de la même manière. L'économie de la Colombie-Britannique dépend de la forêt, ce qui la rend plus vulnérable aux pertes liées à l'approvisionnement en bois (TRNEE, 2011).

### 3.1.2 Événements météorologiques extrêmes

Les changements climatiques, notamment l'augmentation des températures et la modification du régime des précipitations, augmentent la fréquence et l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes (p. ex. sécheresses, inondations, canicules, feux irréprimés) (GIEC, 2021). On prévoit que la probabilité, la fréquence, la durée et l'intensité des événements extrêmes au Canada augmenteront dans le futur (CAC, 2019b; GC, 2019b). Les épisodes de chaleur extrême, en particulier, deviendront plus fréquents (GC, 2014a). Les événements météorologiques extrêmes accroissent déjà la mortalité des arbres et des cultures au Canada et devraient entraîner des dommages plus étendus aux végétaux, de même que des pertes économiques et écologiques (GC, 2014a). Ces facteurs, associés à des différences régionales importantes dans le type et l'occurrence de ces événements, introduisent un degré d'incertitude plus élevé dans la gestion des risques du système de contrôle phytosanitaire canadien.

#### Les précipitations au Canada changent.

Comparativement aux changements de température, il existe une plus grande variabilité dans les projections des modèles sur la circulation atmosphérique affectant les régimes de précipitations, ce qui entraîne une plus grande incertitude (Shepherd, 2014). Néanmoins, des données probantes montrent que les fluctuations des régimes de précipitations régionales sont associées à l'augmentation des températures et aux changements du climat canadien (GC, 2014a). Bien que l'on s'attende à ce que les précipitations augmentent globalement, les changements ne seront pas uniformes au Canada et, en général, ne compenseront pas la diminution prévue de la disponibilité hydrique du sol (Bonsal *et al.*, 2019). Le nord du Canada devrait connaître une augmentation disproportionnée des précipitations; en revanche, le sud devrait recevoir moins de précipitations pendant les mois d'été (GC, 2019b). Une région (p. ex. les Prairies) peut connaître des sécheresses extrêmes alors qu'une autre (p. ex. l'Ontario et le Québec) subira des épisodes de précipitations

extrêmes la même année (ECCC, 2017). En plus des précipitations moyennes, la fréquence des épisodes quotidiens de précipitations extrêmes au Canada augmentera à l'avenir (GC, 2019b). La variabilité toujours plus grande des précipitations peut se traduire par des sécheresses plus longues et plus fréquentes, ainsi que des épisodes de précipitations extrêmes, ces derniers pouvant entraîner des inondations et des dommages physiques aux végétaux (GC, 2014a).

### Le manque de précipitations dans certaines régions peut entraîner des sécheresses plus fréquentes, une baisse de la productivité des cultures et une mortalité importante des végétaux.

On s'attend à ce que les sécheresses et les déficits hygrométriques du sol deviennent plus graves et plus fréquents au Canada comme dans le monde, en raison des changements climatiques (AAC, 2020c; GIEC, 2021). On prévoit que les impacts de ces événements extrêmes seront les plus graves dans les Prairies et l'intérieur de la Colombie-Britannique pendant les mois d'été (GC, 2019b; Gouv. de la Sask., 2021a). Les sécheresses peuvent réduire le rendement des cultures jusqu'à 50 % en moyenne dans une région donnée par rapport aux conditions de croissance normales (AAC, 2020c). Les sécheresses ayant sévi de 2001 à 2002 et en 2017 illustrent les multiples risques et incidences négatives sur la santé des végétaux associés à la diminution des précipitations (encadré 3.2).

#### Encadré 3.2 Incidences des épisodes de sécheresse sur l'agriculture canadienne

**2001 à 2002 :** La sécheresse ayant sévi de 2001 à 2002 au Canada a été l'une des plus graves en Amérique du Nord en plus d'un siècle (Wheaton *et al.*, 2008). La Saskatchewan et l'Alberta ont été particulièrement touchées, mais d'autres régions où la sécheresse est moins fréquente (p. ex. l'est du Canada) ont également été affectées. Les températures supérieures à la moyenne et les niveaux de précipitations bien inférieurs à la moyenne ont favorisé les épidémies de phytoravageurs, en particulier les sauterelles (Powell *et al.*, 2007; Wheaton *et al.*, 2008). La sécheresse a également réduit la productivité des cultures. Les rendements ont été inférieurs à la moyenne et la production agricole a diminué de 3,6 milliards de dollars pendant les années de sécheresse (AAC, 2016). Plusieurs provinces n'ont connu aucun revenu agricole net ou ont essuyé une perte nette au cours de cette période, du jamais vu depuis plus d'un quart de siècle (AAC, 2016).

(Continue)

(a continué)

**2017** : Une autre grave sécheresse s'est produite en 2017 dans l'ouest du Canada. Les régions du sud entre l'intérieur de la Colombie-Britannique et les Prairies ont connu leur été le plus sec en plus de 70 ans<sup>8</sup> (ECCC, 2017). De nombreuses régions ont enregistré moins de la moitié de leurs précipitations normales pendant la saison de croissance (ECCC, 2017). Plusieurs cultures ont été affectées, mais le canola a été particulièrement touché. Par exemple, en août 2017, seulement 28 % des cultures de canola dans le sud de l'Alberta étaient jugées en « bonnes ou excellentes », contre une moyenne de 70 % l'année précédente (Gouv. de l'Alb, 2017). Il faut souligner que les agriculteurs ayant subi des dommages moins graves dans certaines régions utilisaient des pratiques adaptées à des climats plus secs (Tait, 2017; Cherneski, 2018). La recherche et l'innovation, ainsi que les efforts de surveillance et d'alerte précoce, ont contribué à une meilleure gestion de la sécheresse en 2017 (Cherneski, 2018).

## Les tempêtes deviendront plus intenses dans certaines régions, causant des dommages aux forêts.

Le vent est un agent perturbateur naturel dans de nombreux écosystèmes forestiers (RNCAN, 2020k), mais les changements climatiques peuvent provoquer des vents plus violents, ce qui entraîne des dommages aux arbres. Bien qu'il soit difficile d'établir un lien direct entre les changements climatiques et les variations de la vitesse du vent (GC, 2019b), certains modèles prévoient que, d'ici la fin du siècle, les rafales (c.-à-d. de brèves augmentations de la vitesse du vent) augmenteront en fréquence et en gravité dans tout le Canada (Cheng *et al.*, 2014). Une autre étude prévoit une augmentation des dommages causés par le vent dans les forêts côtières de la Colombie-Britannique, où les vents présentent déjà un risque pour les arbres (Haughian *et al.*, 2012). Bien que les épisodes catastrophiques de chablis (c.-à-d. déracinement des arbres par le vent) soient peu fréquents (Bouchard *et al.*, 2009), une étude prévoit une augmentation de 3 à 30 % du risque de chablis en raison des sols qui restent non gelés pendant plus de mois que d'habitude à mesure que les températures augmentent dans l'est du Canada (Saad *et al.*, 2017). Par conséquent, l'augmentation des températures et les phénomènes de chablis dus aux changements climatiques constituent des risques pour les arbres au Canada. Il y aura probablement des variations régionales notables dans ces impacts, les arbres du Canada atlantique étant les plus exposés au risque de chablis (Saad *et al.*, 2017). Une augmentation de la fréquence des

8 Le présent rapport a été complété durant l'été 2021, avant la fin de la saison sèche de cette année-là.

tempêtes automnales extrêmes (y compris les ouragans) a également été documentée au Canada atlantique (GC, 2019b). Les ouragans figurent parmi les trois plus importants agents de perturbation des forêts de la Nouvelle-Écosse, comme l'ouragan Juan en 2003, qui a entraîné des dommages forestiers de plus de deux millions d'hectares dans cette province (Taylor *et al.*, 2020).

### Les inondations extrêmes seront plus fréquentes et affecteront les végétaux de manière imprévisible.

Les changements climatiques ont augmenté la probabilité d'inondations extrêmes au Canada (GC, 2014a). Même s'il est difficile d'affirmer que les changements climatiques sont responsables d'inondations particulières, certains modèles d'attribution d'événements ont lié les augmentations de précipitations et les changements climatiques à des événements précis, comme les inondations de 2013 en Alberta (Teufel *et al.*, 2017). Les inondations ont des effets dévastateurs sur les végétaux; elles peuvent ainsi réduire le rendement des cultures jusqu'à 50 % en moyenne dans une région donnée par rapport aux conditions de croissance moyennes normales (Wang *et al.*, 2015; AAC, 2020c). Avec l'élévation du niveau de la mer, les inondations devraient augmenter dans les régions côtières du Canada (GC, 2019b). La Colombie-Britannique est particulièrement vulnérable, car les inondations côtières peuvent entraîner la perte de terres dans la vallée du bas Fraser, une région très productive sur le plan agricole (BCAFCAI, 2013; GC, 2014a).

### Les changements climatiques augmentent le risque d'épisodes graves de feux irrprimés, entraînant la mortalité des arbres.

Les feux de forêt sont des perturbations naturelles qui contribuent à la santé et au renouvellement de nombreux écosystèmes forestiers au Canada (RNCAN, 2020k). Cependant, à mesure que les températures augmentent et accroissent le risque de canicule et de sécheresse, il y a augmentation proportionnelle des *conditions météorologiques propices aux incendies forestiers* – soit des conditions qui favorisent l'apparition de feux de forêt et en influencent le comportement, comme la température, l'humidité, la vitesse du vent et les précipitations (CAC, 2019b; GC, 2019b; GIEC, 2021). On s'attend à un plus grand nombre de jours où les conditions météorologiques sont propices aux incendies forestiers dans certaines régions, notamment en Colombie-Britannique et en Alberta (GC, 2019b). Dans ces conditions, les feux irrprimés généralisés, comme ceux de 2017 en Colombie-Britannique (encadré 3.3), deviendront plus intenses et se produiront plus souvent. On pense que la superficie des forêts brûlées chaque année au Canada doublera d'ici 2050 et que, dans l'ensemble, il y aura davantage d'incendies extrêmes et impossibles à maîtriser, ce qui entraînera des répercussions environnementales, économiques et sociales dévastatrices (RNCAN, 2020k).

### Encadré 3.3 Feux irréprimés en Colombie-Britannique, 2017

La saison 2017 des incendies de forêt a été la plus dommageable de l'histoire de la Colombie-Britannique<sup>9</sup>. Les feux irréprimés ont en effet consumé une superficie de plus de 1,2 million d'hectares, soit huit fois plus que la moyenne historique (Lions Gate Consulting Inc. *et al.*, 2018). L'état d'urgence a duré 70 jours – le plus long de l'histoire de la province à l'époque (Gouv. de la C.-B., 2020). Le coût total de l'extinction de l'incendie s'est élevé à 649 millions de dollars, et 65 000 personnes ont été évacuées (Gouv. de la C.-B., 2020). Bien que ces écosystèmes forestiers se rétabliront probablement, l'impact sur l'industrie forestière a été considérable. Les feux irréprimés ont brûlé l'équivalent d'une année de récolte de bois dans l'intérieur de la Colombie-Britannique (Hunter, 2017), causant une perte moyenne de 54 % du volume de bois dans la région de Cariboo, la zone la plus gravement touchée (BC MFLNRORD, 2018). Même si le volume maximal de bois autorisé pour la récolte n'a pas changé immédiatement après les incendies, l'offre de bois à moyen terme devrait diminuer dans la région (BC MFLNRORD, 2018). La biodiversité des forêts a également été réduite, en particulier parmi les espèces qui dépendent d'une canopée fermée (Nicholls et Ethier, 2018).

Les changements climatiques ont été directement associés à l'épisode de feux irréprimés de 2017 dans les terres intérieures de la Colombie-Britannique. Cet été-là, les conditions de chaleur et de sécheresse ont atteint un niveau record (Kirchmeier-Young *et al.*, 2019). Une analyse de l'attribution des événements a révélé que les changements climatiques ont considérablement augmenté la probabilité de températures extrêmement élevées dans la région, et que la zone dévastée était de 7 à 11 fois plus importante que ce à quoi on aurait pu s'attendre sans l'influence des changements climatiques (Kirchmeier-Young *et al.*, 2019). Outre les changements climatiques, l'accumulation de combustible due à la suppression historique des incendies naturels et certaines pratiques de gestion forestière qui n'accordent pas la priorité à la résilience ont également contribué à la gravité de ces feux irréprimés (Abbott et Chapman, 2018; AGBC, 2018).

9 Le présent rapport a été achevé au cours de l'été 2021, avant la fin de la saison des feux de forêt.

### 3.1.3 Accessibilité de l'eau

L'accessibilité de l'eau douce est vitale pour l'industrie agricole du Canada. Les changements dans l'accessibilité de l'eau dans certaines régions – comme les Prairies et l'intérieur de la Colombie-Britannique – pourraient limiter la croissance des cultures, et la capacité d'étendre les cultures irriguées (GC, 2014a). Des températures hivernales plus élevées risquent de diminuer l'accumulation de neige dans les zones alpines et dans les Prairies, entraînant une baisse du débit annuel des cours d'eau et une réduction de l'approvisionnement en eau plus tard dans la saison de croissance (Kulshreshtha, 2019). Tous ces facteurs contribuent à une moindre accessibilité de l'eau pour les végétaux dans ces régions.

En réponse aux changements relatifs à l'accessibilité de l'eau, les rapports gouvernementaux sur l'adaptation aux changements climatiques ont souligné la nécessité de réviser ou de revoir complètement les plans et politiques de gestion de l'eau, dans une perspective plus holistique (GC, 2014a). Une mesure d'adaptation, par exemple, consiste à capter l'excédent d'eau pour l'utiliser pendant les sécheresses (GC, 2014a). Le stockage de l'eau est déjà pratiqué dans certaines régions du Canada, notamment à Delta, en Colombie-Britannique, où les producteurs de canneberges (*Vaccinium macrocarpon*) stockent l'eau pour une utilisation en fin de saison (BCAFCAI, 2013). Cette stratégie pourrait toutefois ne pas être applicable aux zones agricoles plus vastes, de sorte que l'amélioration des infrastructures d'irrigation actuelles et le suivi de leur efficacité sont essentiels (BCAFCAI, 2013). L'irrigation en Alberta repose sur les bassins versants réalimentés par les captages d'eau excédentaire, mais les possibilités d'accroître la capacité de la province sont limitées (Gouv. de l'Alb, 2021a).

Afin d'atténuer les risques futurs pour la santé des plantes agricoles, il serait utile d'augmenter la capacité et d'adapter les infrastructures d'irrigation existantes pour gérer l'eau plus efficacement si l'on considère que le système actuel pourrait ne pas répondre à la demande hydrique croissante des cultures, en raison du réchauffement du climat et de l'allongement des saisons de croissance (GC, 2014a). Le gouvernement de la Saskatchewan a ainsi reconnu l'importance d'accroître la capacité d'irrigation lorsqu'il a investi 4 milliards de dollars dans un projet d'irrigation à grande échelle en 2020 (Gouv. de la Sask., 2020). Le projet contribuera à diversifier la production agricole et à stimuler la croissance des cultures à haute valeur ajoutée (Gouv. de la Sask., 2020). Cependant, l'expansion des infrastructures d'irrigation peut mettre en danger d'autres plantes en réduisant l'approvisionnement en eau des zones humides environnantes (ECCC, 2016) qui abritent de nombreuses espèces végétales menacées (GCFPT, 2010). Le budget fédéral de 2021 prévoyait également des fonds pour créer une nouvelle agence de l'eau du Canada, afin d'appuyer la gestion des ressources hydriques du pays et de soutenir une infrastructure d'irrigation plus résiliente (GC, 2021a).

## 3.2 Risques pour la santé du sol

Le sol est un élément essentiel pour la santé des végétaux, car celles-ci en dépendent pour les soutenir sur le plan physique, biologique, et chimique. La formation des sols est un processus dynamique qui fait intervenir le climat, la topographie, les sédiments et le type de roche en présence, ainsi que les organismes et la végétation qui y vivent (SCSS, 2020). Les risques pour la santé du sol sont l'érosion, la diminution de la matière organique, l'épuisement des nutriments, la faible productivité des végétaux, la contamination, le déclin de la biodiversité, la salinisation et la désertification (AAC, 2020b; Van Eerd *et al.*, 2021).

Les végétaux dépendent du sol pour leur croissance et contribuent à leur tour à le former et à l'enrichir. En plus de fournir un substrat physique pour favoriser la croissance des plantes, le sol est inextricablement lié à la santé de ces dernières : il contribue en effet au cycle nutritif et à l'approvisionnement en nutriments, intervient dans le cycle et la filtration de l'eau, fournit un habitat pour diverses espèces végétales et animales, tout en contribuant à la régulation du climat (Hayat *et al.*, 2010; AAC, 2020c; Van Eerd *et al.*, 2021). La partie organique du sol comprend les racines des plantes, les champignons, les microbes et les matières en décomposition (Simard et Austin, 2010). Certains champignons du sol, appelés collectivement champignons mycorhiziens, entretiennent des relations symbiotiques avec les végétaux (Simard et Austin, 2010), tandis que la décomposition de la matière organique par les champignons vivant dans le sol fournit des nutriments pour la croissance des végétaux (Frac *et al.*, 2018). Les réseaux de champignons mycorhiziens facilitent également la circulation de l'eau et des nutriments (p. ex. carbone, azote) entre les végétaux, contribuant à la croissance, à l'établissement et à la survie de certaines espèces (Simard *et al.*, 2015). Les végétaux participent quant à eux à la formation du sol par le biais de la croissance des racines (qui aident à stabiliser les matériaux et à fragmenter les roches, en conjonction avec l'action des éléments), des réactions chimiques (en libérant des acides organiques et du dioxyde de carbone), de la création de microclimats (en réduisant la vitesse des vents) et de l'apport de carbone (via les matières organiques) (CSSS, 2020).

### 3.2.1 Le rôle de la santé du sol dans la santé des végétaux

La santé du sol est la « capacité continue du sol à fonctionner comme un système vivant vital, dans les limites de l'écosystème et de l'utilisation des terres, pour soutenir la productivité biologique, maintenir la qualité de l'air et de l'eau, et promouvoir la santé des végétaux, des animaux et des humains » (Doran *et al.*, 1996). La santé du sol est essentielle pour assurer les fonctions écologiques qui contribuent à la santé des végétaux dans tous les écosystèmes, y compris les



systèmes agricoles et forestiers. Un sol agricole sain contribue à produire des aliments en fournissant l'eau, les nutriments et le support physique nécessaires à la croissance des cultures (Norris *et al.*, 2020). L'agriculture dépend également des sols adjacents pour leurs fonctions écologiques, comme la rétention et la purification de l'eau, la régulation des inondations, la fourniture d'habitats et la séquestration du carbone (Norris *et al.*, 2020). De même, des sols sains dans les forêts produisent de la biomasse (arbres), séquestrent du carbone, biorestaurent les déchets, régulent la qualité et la quantité de l'eau et favorisent la biodiversité (Page-Dumroese *et al.*, 2021). La communauté microbienne du sol favorise la croissance des végétaux, les aide à réagir aux facteurs de stress et les défend contre les organismes nuisibles (Trivedi *et al.*, 2020). Un microbiome sain aide également à combattre les maladies chez les plantes; par exemple, Wei *et al.* (2019) ont découvert que la communauté microbienne entourant les plants de tomates (*Solanum lycopersicum*) influait sur leur probabilité de rester en bonne santé ou de succomber à *Ralstonia solanacearum*, un pathogène qui provoque le flétrissement bactérien.

Les risques pour la santé du sol sont des forces qui influent négativement sur les attributs physiques de celui-ci (p. ex. en diminuant la stabilité des agrégats, en augmentant la susceptibilité à l'érosion), sur ses attributs chimiques (en réduisant les nutriments, en faisant grimper la salinité) et sur ses attributs biologiques (en raréfiant la matière organique, en causant la perte de la diversité fonctionnelle). Certaines pratiques de gestion ont permis de réduire le risque de dégradation de la santé du sol au fil du temps au Canada. Par exemple, la susceptibilité à l'érosion a diminué dans les Prairies principalement en raison de la réduction du travail du sol (AAC, 2021d). D'autres risques, en revanche, continuent d'augmenter dans certaines régions. Ainsi, les changements d'affectation des sols (p. ex. le passage des cultures pérennes aux cultures annuelles) dans l'est du Canada ont entraîné une baisse des niveaux de carbone organique présents dans le sol (AAC, 2021b). Dans toutes les régions, les changements climatiques constituent un risque persistant pour la santé du sol, car ils ont un impact sur de nombreux facteurs qui le menacent déjà. Pensons notamment à la fréquence et à la gravité des événements érosifs (Li et Fang, 2016); aux conditions médiées par le sol qui régulent la décomposition (RNCAN, 2020d); à la productivité des végétaux, à la quantité et au type de carbone restitué au sol (Jansson et Hofmockel, 2020); à la biodiversité (Pugnaire *et al.*, 2019) et à d'autres facteurs entrant en jeu dans les processus de salinisation ou de désertification (Sauchyn *et al.*, 2020).

## Le compactage menace les attributs physiques du sol.

Bon nombre des grands organismes qui dépendent du sol – comme les végétaux et les vers de terre qui créent réciproquement un habitat pour diverses formes de vie souterraine – ont besoin d'un sol suffisamment meuble pour y faire pousser des racines ou y creuser des tunnels (Meurer *et al.*, 2020). Or, le compactage du sol, qui réduit la porosité, limite la capacité à retenir l'eau et l'air, qui sont importants pour la croissance et le fonctionnement des végétaux (Gouv. de l'Alb, 2010). Le compactage entrave également la capacité des végétaux à absorber les nutriments du sol et peut entraîner une diminution de la production agricole (Gouv. de l'Alb, 2010).

Le compactage est une conséquence des exploitations agricoles, où des équipements lourds sont utilisés pour le labourage, les semis ou la récolte des produits (Shah *et al.*, 2017). Il devient particulièrement problématique si on a recours à l'équipement lorsque le sol est humide (Shah *et al.*, 2017). Le compactage dû à l'exploitation forestière est également un défi majeur pour la santé du sol (Batey, 2009). En effet, les sols forestiers sont souvent meubles et friables, avec une porosité élevée (Page-Dumroese *et al.*, 2021). Comme dans l'agriculture, les équipements lourds utilisés pour la récolte des arbres compactent le sol, ce qui réduit également l'infiltration de l'eau et sa capacité de rétention. À long terme, les sols forestiers peuvent être particulièrement exposés au risque de compactage; la capacité de récupération dépendra de la texture du sol, ainsi que de la fréquence et de l'importance du compactage pendant les opérations de récolte. Le risque peut être atténué en minimisant la fréquence et les voies d'entrée des équipements lourds pendant les opérations d'éclaircie, de même qu'en tenant compte de la saisonnalité et de la pente (Page-Dumroese *et al.*, 2021). Comme dans le cas de l'agriculture, le compactage est réduit lorsque les sols sont secs, mais contrairement à l'agriculture, la récolte forestière peut être effectuée pendant l'hiver pour minimiser davantage le phénomène (Reeves *et al.*, 2012).

## La perte de matière organique dans le sol menace ses attributs physiques, chimiques et biologiques, qui influent sur la croissance des végétaux.

La disponibilité des nutriments minéraux dans le sol, ainsi que leur concentration et leur combinaison, déterminent en grande partie la croissance et le développement des végétaux (Morgan et Connolly, 2013). Ces derniers puisent certains nutriments directement dans le sol, comme le potassium et le fer. L'absorption de l'azote et du phosphore, cependant, nécessite une relation avec les micro-organismes du sol qui transforment les nutriments en composés biodisponibles (Morgan et Connolly, 2013). Les apports du sol, comme le compost et les engrais, sont utilisés dans l'agriculture, le jardinage et certaines

exploitations forestières pour augmenter la disponibilité des nutriments pour la croissance des végétaux (Page-Dumroese *et al.*, 2021). Le moment de l'application de ces apports est important; par exemple, il faut parfois deux à trois ans pour maximiser la disponibilité des éléments nutritifs apportés par le fumier composté (Brown, 2013). D'autres éléments de décision pour les producteurs concernant le choix des amendements comprennent le type, le matériau, la concentration et le coût (Brown, 2013).

Pour maximiser l'efficacité des apports, il faut connaître les conditions de base du sol et les besoins en micro et en macronutriments des cultures, et être capable de suivre et d'interpréter les résultats des applications. La pollution par les nutriments est une nuisance potentielle pour l'écosystème créée par l'application excessive d'apports. Par exemple, une étude sur l'agriculture urbaine basée sur le compost dans le Minnesota a révélé que des volumes de compost urbain (c.-à-d. provenant des déchets alimentaires, des déchets de jardin et d'autres déchets organiques municipaux) adaptés aux besoins en azote des cultures permettaient d'améliorer les rendements de 44 % par rapport à un sol témoin non fertilisé (Shrestha *et al.*, 2020). Cependant, l'absorption du phosphore dans ces cultures était inférieure à 10 % de la quantité présente dans le compost. L'accumulation de phosphore dans le sol et son lessivage ultérieur peuvent, dans certains cas, avoir une incidence négative sur les plans d'eau locaux, menaçant ainsi la santé des écosystèmes aquatiques. Par conséquent, l'optimisation des apports pour répondre aux conditions existantes du sol et aux exigences des cultures peut contribuer à éviter les inconvénients pour l'écosystème (Shrestha *et al.*, 2020).

### 3.2.2 Amélioration de la santé du sol en augmentant les gains et en réduisant les pertes de carbone

Certaines activités agricoles et forestières peuvent avoir un effet négatif sur la santé du sol. Il existe cependant des pratiques culturales documentées qui minimisent ces impacts, notamment la réduction du compactage, le travail de conservation du sol (c.-à-d. permettant l'accumulation des résidus de culture à la surface), la couverture végétale continue, l'augmentation de la diversité végétale et animale, la culture de couverture (c.-à-d. la plantation de cultures pour la couverture du sol plutôt que pour la récolte) et les fertilisants organiques. Ces pratiques peuvent contribuer à maximiser les gains en carbone du sol et à en minimiser les pertes, ce qui entraîne des améliorations de la santé du sol à long terme par le jeu de ses attributs physiques, chimiques et biologiques.

La communauté des micro-organismes en présence dans le sol dépend de la matière organique pour l'apport en nutriments et la rétention d'eau, bien que nos connaissances soient encore lacunaires en ce qui a trait à l'influence des changements dans les propriétés du sol (via la récolte, les infestations d'insectes

ou les incendies) sur le fonctionnement de ces communautés et sur la santé des végétaux. Par exemple, l'incidence des opérations de récolte du bois sur la matière organique du sol est variable. Si la récolte entraîne directement une perte de carbone (à cause de l'abattage des arbres), elle peut améliorer la disponibilité et le mouvement de l'eau dans le sol et augmenter la température comme la disponibilité de la lumière (Page-Dumroese *et al.*, 2021). Ces facteurs interagissent et influencent la santé du sol et des plantes de différentes manières selon le site (Page-Dumroese *et al.*, 2021).

Les différents systèmes de culture et pratiques de gestion ont des incidences variables sur la santé du sol, la recherche se poursuivant pour élaborer des pratiques prometteuses qui serviront un large éventail de stratégies de culture, de types de sols et de zones climatiques. Par exemple, la santé du sol est manifestement améliorée par la présence d'une couverture végétale vivante continue, car des sols sains favorisent la santé des végétaux comme des racines, et vice-versa (p. ex. Sokol *et al.*, 2019). Bien que les options de culture pérennes soient limitées dans les conditions de croissance canadiennes (Cattani et Asselin, 2017), on a constaté que la plantation de cultures de couverture hivernales augmente la stabilité et la résilience des agroécosystèmes (Van Eerd *et al.*, 2018).

### L'agriculture sans labour et à labourage réduit contribuent à améliorer la santé du sol.

Le système de culture de l'Ouest canadien a toujours reposé sur l'utilisation intensive du labourage pour lutter contre les mauvaises herbes et préparer le lit de semence (Thiessen Martens *et al.*, 2013; May *et al.*, 2020). Cette pratique a permis d'obtenir des rendements élevés, mais a également contribué à la perte de matière organique du sol (Thiessen Martens *et al.*, 2013). Dans les Prairies, la dégradation des sols qui en a résulté a suscité des inquiétudes quant à la durabilité de la production agricole (May *et al.*, 2020). Dans les années 1980, de multiples acteurs, réunis par l'ancien Conseil des sciences du Canada, ont discuté des moyens de réduire l'érosion, la salinité et la perte de matière organique du sol, ce qui incluait des expériences à long terme et des investissements dans des technologies agricoles stratégiques (May *et al.*, 2020). L'agriculture sans labour ou à labourage réduit a fini par devenir le principal système de culture employé dans les Prairies, 60 % du total des terres canadiennes préparées pour l'ensemencement faisant l'objet de pratiques de cultures sans labour en 2016 (StatCan, 2021a).

L'agriculture sans labour a amélioré la santé du sol et la productivité des cultures, et a facilité les rotations de cultures diversifiées (May *et al.*, 2020). De multiples facteurs ont permis l'adoption de l'agriculture sans labour, notamment l'innovation en matière d'équipement pour l'ensemencement et l'épandage d'engrais, la recherche sur les pratiques prometteuses pour les différentes régions

et les différents types de sols, la sélection des cultures, ainsi que la disponibilité des herbicides. Cependant, le modèle de grandes cultures sans labour a également exacerbé la sélection de mauvaises herbes tolérantes aux herbicides (May *et al.*, 2020), et augmenté la prévalence des phytovirus portés par les résidus du cultivar précédent, comme le fusarium, l'agent de la fusariose (brûlure de l'épi) (Zhu *et al.*, 2019). De nouvelles préoccupations se profilent également à l'horizon, en grande partie dues aux changements climatiques et à l'intensification des pratiques de production; la reconnaissance des menaces pour la santé du sol est donc importante pour soutenir le fonctionnement continu des écosystèmes végétaux.

### 3.3 Risques pour les services de pollinisation

Toute reproduction sexuée chez les plantes repose sur des mécanismes biotiques (les animaux) ou abiotiques (le vent, l'eau) pour assurer la pollinisation (Bennett *et al.*, 2018). La pollinisation permet aux végétaux de produire des graines et de se reproduire.

#### 3.3.1 Importance des pollinisateurs pour la production de semences et la reproduction des végétaux

On estime que 78 % des espèces végétales des communautés des zones tempérées sont pollinisées par des animaux et des insectes (Ollerton *et al.*, 2011). La production de cultures comme les pommes, les bleuets et la luzerne dépendent entièrement de la pollinisation par les insectes (Reilly *et al.*, 2020). Les services de pollinisation peuvent également améliorer la productivité des cultures qui ne dépendent pas des insectes. Par exemple, le canola est la deuxième grande culture produite au Canada (en volume) et celle qui contribue le plus au PIB (StatCan, 2020a); bien qu'elles soient principalement pollinisées par le vent, jusqu'à 20 % des cultures de canola au Canada dépendent de la pollinisation par des insectes (essentiellement les abeilles domestiques) (Mukezangango et Page, 2017).

#### La production de semences est limitée par le manque de services de pollinisation.

La limitation pollinique pose une contrainte dans la production des graines; elle est causée par un manque de services de pollinisation. On mesure la limitation pollinique en pollinisant les plantes à la main et en comparant leur production de fruits et de graines à celle de plantes pollinisées naturellement (Bennett *et al.*, 2018). Une étude menée aux États-Unis et dans une partie du Canada a estimé qu'entre 64 et 94 % des cultures de bleuets en corymbe (*Vaccinium corymbosum*), de cerises sauvages (*Prunus avium*) et de cerises acides (*P. cerasus*) étaient limitées par les pollinisateurs, et que 100 % des cultures de pommes présentaient des

signes de limitation pollinique (Reilly *et al.*, 2020). Cependant, la limitation pollinique était propre à chaque culture, le phénomène n'ayant pu être démontré pour l'amande (*P. dulcis*), la pastèque (*Citrullus lanatus*) ou la citrouille (*Cucurbita pepo*) (Reilly *et al.*, 2020). Dans l'étude précitée, 74 % des services de pollinisation ont été assurés par les abeilles domestiques et 26 % par les abeilles sauvages; toutefois, l'importance de ces dernières varie selon les cultures. Même au sein d'un même type de culture, l'importance relative des services de pollinisation des abeilles domestiques par rapport à ceux des abeilles sauvages peut varier en fonction de la situation géographique. Par exemple, le poids des fruits et la grenaison dans les cultures de bleuets en corymbe s'expliquent principalement par l'abondance des abeilles domestiques sur les arbrisseaux du Michigan, mais surtout par l'abondance des abeilles sauvages dans le cas des plants de la Colombie-Britannique (Gibbs *et al.*, 2016). La variation temporelle sur plusieurs années ou au sein d'une même saison complique également l'estimation des tendances en matière de limitation pollinique (Thomson, 2019).

### Le déclin des populations de pollinisateurs réduit la résilience des écosystèmes.

Les populations d'insectes pollinisateurs connaissent un déclin à l'échelle mondiale (Vanbergen et The Insect Pollinators Initiative, 2013) – en Amérique du Nord en particulier (Potts *et al.*, 2010). Bien que les données soient limitées sur l'état de la plupart des populations et des répartitions de pollinisateurs sauvages, il existe des déclin documentés de l'occurrence et de la diversité des pollinisateurs en Amérique du Nord (IPBES, 2017). Ainsi, il y a eu un déclin dramatique des bourdons (*Bombus* sp.) entre le début et le milieu des années 1990 au Canada et aux États-Unis, correspondant à la multiplication des problèmes sanitaires chez les pollinisateurs, y compris la propagation de pathogènes à partir des colonies d'abeilles domestiques commerciales; l'utilisation de pesticides néonicotinoïdes (qui a débuté en Amérique du Nord au début des années 1990) et la perte d'habitat due à l'intensification de l'agriculture et de l'urbanisation (Colla et Packer, 2008; Whitehorn *et al.*, 2012). En particulier, la propagation d'agents pathogènes à partir de bourdons commerciaux utilisés pour la pollinisation des serres en Amérique du Nord a provoqué un fort déclin de certaines espèces de bourdons sauvages (Szabo *et al.*, 2012).

Cependant, toutes les espèces de pollinisateurs ne sont pas en déclin. Alors que la moitié des espèces de bourdons examinées en Amérique du Nord ont décliné depuis le début des années 1990, l'autre moitié manifeste des populations stables ou en augmentation, ce qui entraîne des changements dans les assemblages d'espèces (Colla *et al.*, 2012). L'utilisation des néonicotinoïdes a joué un rôle dans le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles domestiques (examiné dans

Singla *et al.*, 2020) et dans la diminution de la survie des larves de monarques (*Danaus plexippus*) (Knight *et al.*, 2021). Toutefois, le déclin de nombreuses populations de pollinisateurs est également attribuable aux changements d'affectation des terres (urbanisation), à l'intensification de l'agriculture, à l'utilisation d'autres pesticides, à la pollution, aux espèces envahissantes, aux agents pathogènes et aux changements climatiques (Potts *et al.*, 2010; IPBES, 2017). Le déclin de la diversité et de l'abondance des pollinisateurs menace la santé de toutes les populations végétales (Ollerton, 2017). Des abeilles sauvages moins nombreuses et moins diversifiées peuvent réduire la résilience des systèmes phytosanitaires, notamment face aux perturbations, ce qui entraîne des effets cumulés sur la santé des écosystèmes (Mathiasson et Rehan, 2020).

### Les changements climatiques modifient les relations entre les végétaux et les pollinisateurs.

Lorsque les plantes ou les pollinisateurs réagissent à un rythme différent à la hausse des températures induite par les changements climatiques, des mésappariements peuvent se produire, ce qui a un impact sur la capacité des végétaux à se reproduire (Settele *et al.*, 2016). De plus, la perte des fleurs et des fruits en raison des dommages causés par le gel amène des répercussions sur les pollinisateurs et la faune qui ont évolué de concert avec les plantes, et qui en dépendent pour leur nourriture et leur habitat (GC, 2014a). Ainsi, dans une forêt tempérée de l'Illinois, le réchauffement des températures et la fragmentation de l'habitat ont provoqué un mésappariement entre les abeilles et les plantes à fleurs, ainsi que la disparition de 50 % des espèces d'abeilles de la région, entraînant un déclin des services de pollinisation (Burkle *et al.*, 2013). Il est également prouvé que la date de première émergence des abeilles sauvages dans le nord-est de l'Amérique du Nord a avancé, en moyenne, de plus de 10 jours depuis les années 1970, ce qui coïncide avec la hausse des températures (Bartomeus *et al.*, 2011). Jusqu'à présent, la phénologie des plantes et des abeilles sauvages a généralement évolué de manière synchrone en réponse aux changements climatiques et n'a pas entraîné de perturbations biologiques graves (Bartomeus *et al.*, 2011). Toutefois, Bartomeus *et al.* (2011) n'ont pris en compte que les espèces d'abeilles communes (et non celles en déclin). Si le climat continue de changer rapidement, on s'attend à ce que les mésappariements soient plus importants et plus fréquents à l'avenir (Bartomeus *et al.*, 2011; GC, 2014a).

#### 3.3.2 Amélioration des services de pollinisation

Étant donné le rôle vital des pollinisateurs dans la reproduction végétale, les pratiques qui permettent d'augmenter leurs populations, comme la restauration des habitats, seront également bénéfiques pour la santé des végétaux.

## La restauration écologique de l'habitat des pollinisateurs peut accroître l'abondance et la diversité des populations de pollinisateurs.

La restauration écologique de l'habitat est un ensemble de pratiques bien documentées pour lutter contre le déclin des espèces pollinisatrices et des sources de pollen (Breland *et al.*, 2018; Sexton et Emery, 2020). Des expériences menées aux États-Unis ont montré que les pratiques de restauration (p. ex. l'éclaircissement de la canopée dans les zones boisées) accroissaient l'abondance et la richesse des variétés d'abeilles (Breland *et al.*, 2018). La régénération des prairies dans le sud de l'Ontario a également entraîné une augmentation de la diversité et de l'abondance des abeilles dans les premières années suivant le début du projet de restauration (Rutgers-Kelly et Richards, 2013). Les projets de restauration dans les exploitations agricoles peuvent être rentables. Une étude menée en Californie a révélé que les haies – des plantations pérennes en bordure des grandes cultures – non seulement améliorent la pollinisation, mais sont aussi économiquement viables (Morandin *et al.*, 2016). Si des projets de restauration sont mis en œuvre, les données probantes suggèrent qu'il est important de disposer d'une gamme de sources de pollen et de nectar, et de surveiller les effets des projets de restauration (ce qui comprend vérifier si les services de pollinisation augmentent réellement) (Colla, 2016; Breland *et al.*, 2018).

### 3.4 Qualité et disponibilité de l'habitat

Lorsque les habitats changent, les plantes doivent modifier leur répartition et s'adapter aux conditions changeantes – ou elles risquent de disparaître. En général, les populations végétales sont capables de s'adapter aux conditions environnementales changeantes; cependant, l'accélération et l'imprévisibilité des changements climatiques associées aux activités humaines – notamment la conversion des terres et l'urbanisation – ont altéré la disponibilité et la qualité de l'habitat des plantes, entraînant l'incapacité de nombreuses populations végétales de s'adapter assez rapidement pour se développer de manière optimale ou survivre. Les climats plus chauds et les saisons de croissance plus longues au Canada peuvent offrir de meilleures conditions à certaines populations d'arbres (RNCAN, 2020e), surtout dans la partie nord de l'aire de répartition d'une espèce (Lapointe-Garant *et al.*, 2010). Pour les populations de la partie méridionale de l'aire de répartition de l'espèce, cependant, le réchauffement peut entraîner une réduction de la croissance en raison des effets de la sécheresse et de la chaleur (Lapointe-Garant *et al.*, 2010). Il est important de noter que les hypothèses concernant le déplacement de l'aire de répartition des végétaux vers le nord dépendent de leur capacité à se propager (qui peut varier selon les espèces) (Hampe, 2011), de la présence de sols appropriés (section 3.2) et de l'habitat disponible (Barber *et al.*, 2016).



### 3.4.1 L'impact des changements climatiques et de la disponibilité de l'habitat sur la santé des végétaux

Les changements climatiques augmentent le risque d'extinction de nombreuses espèces végétales au Canada (GCFTP, 2010). Certaines plantes rares (y compris des espèces menacées au niveau mondial) sont particulièrement vulnérables en raison de leur incapacité à migrer assez rapidement en réponse à l'augmentation des températures (Barber *et al.*, 2016). Les plantes à plus longue durée de vie, y compris les arbres, sont également à haut risque en raison du temps qu'il leur faut pour atteindre la maturité reproductive (Aitken *et al.*, 2008). Les populations d'arbres sont souvent incapables de migrer naturellement et assez rapidement vers des niches climatiques changeantes, ce qui les rend inadaptées (McKenney *et al.*, 2011; Gauthier *et al.*, 2014). On prévoit que le rythme des changements climatiques sera de 10 à 100 fois plus rapide que la capacité de nombreuses populations d'arbres à migrer naturellement vers des zones adéquates au Canada (RNCAN, 2020k). Les espèces végétales arctiques *et alpines* connaîtront des difficultés similaires (Charles et Stehlik, 2021).

Les populations végétales qui migrent vers le nord pour rester dans leur niche climatique sont également inadaptées aux indices de durée du jour à ces latitudes plus élevées, ce qui les prédispose à pousser pendant les mauvaises périodes de l'année (Way et Montgomery, 2015). Les plantes qui ne sont pas adaptées à leur environnement local sont plus sensibles aux phytoravageurs et aux phénomènes météorologiques extrêmes, ce qui entraîne une réduction de leur croissance et, dans certains cas, leur disparition (Jump *et al.*, 2008). Par exemple, le peuplier faux-tremble, que l'on trouve dans toutes les provinces et tous les territoires du Canada (sauf au Nunavut), fleurit des semaines plus tôt dans l'année et devient ainsi plus vulnérable aux dommages causés par le gel (Beaubien et Hamann, 2011) (voir l'encadré 3.1 à titre de rappel). De même, le mois de mars 2012, plus chaud que d'habitude en Ontario, a entraîné une floraison précoce des pommiers, qui ont par conséquent perdu 80 % de leurs fruits en raison d'un gel sévère survenu plus tard ce printemps-là (Gouv. de l'Ont., 2019).

#### Les plantes nordiques et alpines sont vulnérables, car les changements climatiques réduisent la disponibilité des habitats.

Les écosystèmes du nord du Canada sont particulièrement vulnérables aux changements de répartition (GC, 2014a); les changements climatiques devraient réduire l'aire de répartition de plus de 27 espèces de plantes arctiques *et alpines* (Alsos *et al.*, 2012). Le saule polaire (*Salix polaris*) est l'une des rares espèces végétales qui poussent exclusivement, ou principalement, dans les latitudes nordiques, ce qui en fait un exemple notable de plante susceptible de voir sa niche écologique se réduire en raison des changements climatiques (Prowse *et al.*, 2009).

Ces espèces nordiques peuvent également être exposées à un risque de concurrence et de prédation accrues : en effet, lorsque les populations végétales migrent plus au nord, elles commencent à entrer en concurrence avec les plantes locales pour les ressources et ont le potentiel d'apporter des agents pathogènes (GC, 2014a).

Le nord du Canada connaît déjà des modifications de sa végétation en raison des changements climatiques qui altèrent l'adéquation de l'environnement pour diverses espèces végétales. Par exemple, la couverture arbustive s'est multipliée et les espèces herbacées poussent de plus en plus sur des sols auparavant dénudés (Fraser *et al.*, 2011). De même, la biomasse aérienne (arbustes, plantes herbacées) et la biomasse souterraine (racines, rhizomes) ont augmenté depuis les années 1980 dans les écosystèmes de la toundra; ceci est fortement corrélé avec des températures plus élevées dans la région (Hill et Henry, 2011). Cette augmentation de la végétation ne s'est toutefois pas traduite par une plus grande biodiversité végétale (GCFTP, 2010). La biodiversité végétale nordique devrait ainsi diminuer, du moins à court terme (GCFTP, 2010), car le réchauffement ne profite qu'à une poignée de plantes nordiques (p. ex. les arbustes) qui peuvent supplanter d'autres espèces intolérantes à l'ombre comme les mousses (Walker *et al.*, 2006). Un autre moteur clé du changement dans le nord du Canada est le dégel du pergélisol, qui s'accélère avec la hausse des températures (Helbig *et al.*, 2016). L'augmentation des conditions de saturation en eau due à la fonte du pergélisol a entraîné la perte, la fragmentation et la modification de la structure globale de la forêt boréale (Baltzer *et al.*, 2014; Helbig *et al.*, 2016). Ces modifications affectent à leur tour les systèmes climatiques et les services écosystémiques (Baltzer *et al.*, 2014; Helbig *et al.*, 2016). Les aliments sauvages, notamment les baies et le riz sauvage (*Zizania* sp.), sont également en déclin sur le plan de leur qualité et de leur quantité dans le nord du Canada (GC, 2014a).

### 3.4.2 Utilisation des terres et pratiques de gestion

L'augmentation de l'utilisation des terres pour l'agriculture et la foresterie, ainsi que l'amélioration de la productivité de ces secteurs, ont favorisé la disponibilité des fibres et de la nourriture pour des populations humaines croissantes. Grâce aux nouvelles pratiques et technologies de production, les exploitations agricoles canadiennes ont également été en mesure de produire davantage de récoltes sur moins de terres (utilisation des terres à plus forte intensité) (StatCan, 2017c). La conversion des terres a toutefois contribué à la perte d'habitats, ce qui met en péril certaines espèces végétales indigènes.

## La conversion des terres augmente le risque d'extinction de nombreuses espèces végétales au Canada.

On observe au Canada une tendance à l'urbanisation croissante. En 1901, environ un tiers de la population vivait en milieu urbain, ce pourcentage étant passé à 84 % en 2016 (StatCan, 2017b). Bien que la zone bâtie du Canada représente 0,2 % de la superficie totale du pays, la perte de la couverture terrestre naturelle et des espaces verts, ainsi que la fragmentation accrue de l'habitat, ont été documentées dans les centres de population du sud et aux alentours (Wang, 2018). La plupart des zones urbaines du Canada sont également situées dans certains des biomes les plus productifs (CPAA, 2018), ce qui suggère une certaine incidence de l'étalement urbain sur les écosystèmes végétaux et la productivité agricole. Dans la région métropolitaine de Montréal, par exemple, l'urbanisation sur une période de 45 ans a entraîné la perte de services écosystémiques, notamment la perte d'habitats favorisant la biodiversité et l'approvisionnement en eau (Dupras et Alam, 2015; Dupras *et al.*, 2016).

Le rythme de la perte d'habitat au Canada est relativement faible par rapport à d'autres pays, mais le rythme du déclin de la biodiversité se révèle équivalent (Coristine et Kerr, 2011). Depuis 1996, environ 90 % de la perte d'habitat des espèces terrestres en péril au Canada est attribuable à la conversion des terres pour l'agriculture, suivie de l'urbanisation (Kerr et Cihlar, 2003; Coristine et Kerr, 2011). Les niveaux de biodiversité végétale sont plus élevés dans le sud du Canada que dans le nord; pourtant, le sud du Canada a connu des niveaux plus élevés de déclin de la biodiversité, en particulier dans des écosystèmes rares comme les savanes de chênes (Coristine et Kerr, 2011). Même pour les espèces situées principalement dans les régions fortement urbanisées du pays (p. ex. le sud de l'Ontario), l'agriculture contribue davantage à la perte d'habitat, car elle occupe une plus grande partie de l'aire de répartition des espèces comparativement aux zones urbanisées (Coristine et Kerr, 2011).

## La fragmentation de l'habitat exacerbe les risques existants pour la santé des végétaux.

Les changements liés à l'utilisation des terres peuvent entraîner une fragmentation de l'habitat et une diminution de l'habitat existant, deux facteurs qui limitent la capacité des populations végétales à migrer naturellement dans le paysage. En général, la perte et la fragmentation de l'habitat interagissent avec les caractéristiques des végétaux en compliquant leur dispersion, leur persistance et leur établissement, ce qui entraîne une diminution de leur santé (Zambrano *et al.*, 2019). Les populations végétales peuvent plus facilement migrer (et donc s'établir dans de nouvelles zones pour s'adapter aux changements climatiques) dans des paysages moins fragmentés (Barber *et al.*, 2016). Les populations plus petites et

plus isolées sont également plus vulnérables à l'extinction locale (Pardini *et al.*, 2017). Avec moins d'individus dans une population, les fluctuations aléatoires des taux de mortalité, de croissance et de recrutement ont une plus grande probabilité d'entraîner une extinction locale, tandis qu'un plus grand isolement réduit les chances que des agents de dispersion atteignent une zone donnée pour la repeupler. De plus, un habitat réduit offre moins de ressources aux individus pour croître et se reproduire, ce qui entraîne une baisse des taux de croissance de la population, indépendamment des fluctuations aléatoires (Pardini *et al.*, 2017).

Les changements climatiques aggravent encore les impacts liés à la fragmentation des habitats. Les plantes rares sont particulièrement sensibles aux changements climatiques, car elles poussent souvent dans des habitats déjà réduits ou fragmentés. Ce risque est plus prononcé pour les végétaux rares du nord, car l'habitat dans les régions alpines et les steppes froides devrait devenir plus fragmenté (et se contracter), une conséquence directe des changements climatiques (GC, 2014a). Les impacts cumulés de ces changements et de la fragmentation de l'habitat limiteront la capacité d'adaptation de nombreuses espèces végétales (Coristine et Kerr, 2011; GC, 2014a), soulignant la nécessité d'accroître la connectivité des paysages dans la gestion des écosystèmes (Heller et Zavaleta, 2009).

### Les activités d'extraction de ressources peuvent avoir une incidence négative sur les forêts.

Les activités humaines, y compris les pratiques de gestion et les décisions concernant l'utilisation des terres (p. ex. extraction des ressources, développement urbain), peuvent modifier les écosystèmes forestiers (StatCan, 2018). Bien qu'elles n'aient pas la même incidence que les changements climatiques, les activités liées aux ressources – récolte du bois, exploitation minière, exploration et extraction pétrogazières et production d'hydroélectricité – peuvent avoir des répercussions négatives sur les forêts canadiennes (StatCan, 2018; NRCan, 2020k). Par exemple, les l'accès routier, les emplacements des puits, les barrages et les réservoirs contribuent à la déforestation et à la fragmentation des habitats et facilitent l'introduction et le déplacement d'espèces envahissantes lorsqu'ils ont pour cadre des zones boisées (StatCan, 2018).

Cependant, toutes les industries basées sur les ressources n'affectent pas les forêts de la même manière. Les principaux facteurs de déforestation au Canada depuis 1991 ont été la conversion de terres forestières en terres agricoles, suivies de l'exploitation minière et de l'extraction de pétrole et de gaz (RNCAN, 2020f). L'expansion urbaine et l'industrie forestière contribuent également à la déforestation, mais dans de plus faibles mesures (RNCAN, 2020f). Toutefois, il est à noter que moins de 1 % de la superficie forestière totale du Canada a été affectée à

d'autres utilisations depuis 1991 (RNCan, 2020k). Le taux de déforestation annuel du Canada continue de diminuer, passant de 64 000 hectares par an en 1991 à 34 300 hectares en 2018 (RNCan, 2020k).

### 3.5 Gestion des risques à la lumière de l'incertitude et du changement

Le système de contrôle phytosanitaire du Canada a mis en place des stratégies de gestion des risques, notamment certaines qui visent à maintenir la biodiversité dans les écosystèmes naturels, ainsi qu'à maximiser la productivité des systèmes agricoles et des forêts aménagées. Toutefois, les outils et tactiques de gestion existants pourraient perdre de leur efficacité à l'avenir. De fait, il existe un haut degré d'incertitude quant aux effets des changements climatiques sur la composition, la structure et les fonctions des écosystèmes (GC, 2014a). Cette situation, associée à des degrés élevés d'incertitude par rapport aux menaces liées aux facteurs biotiques et à la fragmentation des habitats, rend la gestion des risques de plus en plus difficile.

Bien que de nombreuses activités de recherche évaluent les impacts phytosanitaires et la vulnérabilité des systèmes végétaux à la lumière des changements climatiques, le renouvellement des approches de gestion reste limité (Keenan, 2015). Cela est dû en partie au défi que représente la prise en compte des implications à long terme des décisions de gestion, ainsi que la prise en compte de l'incertitude et des inconnues (Keenan, 2015; Puettmann et Messier, 2019). Cependant, un certain nombre d'acteurs – notamment les agriculteurs locaux, les forestiers, les gouvernements et les communautés autochtones – fournissent des exemples d'approches permettant de réagir aux risques dans des environnements incertains et imprévisibles. En plus des pratiques actuelles de gestion des terres en place dans de nombreuses régions du Canada, des pratiques prometteuses en foresterie et en agriculture ont été mises en œuvre à plus petite échelle et peuvent offrir des options supplémentaires en réponse aux changements climatiques.

#### 3.5.1 Foresterie

Des pratiques de gestion adaptées aux effets des changements climatiques auront des effets à long terme pour le secteur forestier en particulier, car les arbres ont des cycles de croissance beaucoup plus longs que les cultures agricoles (Williamson *et al.*, 2012). Les gestionnaires de forêts au Canada font bien certains progrès dans l'adaptation aux effets des changements climatiques. Par exemple, certains ont commencé à laisser brûler davantage de feux de faible intensité afin de réduire les charges de combustible et, par conséquent, le risque de feux irréprimés plus intenses (Williamson *et al.*, 2019). Bien que ce ne soit pas encore la

règle, les stratégies de gestion forestière ont commencé à s'écarter progressivement de la plantation d'une seule essence sur de grandes superficies pour diversifier les peuplements, afin de rendre les forêts plus résistantes aux épidémies de phytoravageurs (Dymond *et al.*, 2014). Pourtant, ces mesures d'adaptation n'en sont qu'à leurs débuts et ne sont pas généralisées (Williamson *et al.*, 2019), une certaine résistance à la modification des pratiques actuelles de gestion forestière au Canada persistant encore (Nelson *et al.*, 2016; Ameztegui *et al.*, 2018). Les incitatifs peuvent également différer en fonction du type de propriété foncière en place. En Colombie-Britannique, par exemple, les baux forestiers à court terme peuvent dissuader les titulaires de permis d'entreprendre des mesures d'adaptation à long terme, même avec le soutien du gouvernement (Hotte *et al.*, 2016).

Un examen systématique des recommandations en matière de gestion forestière pour faire face aux changements climatiques montre que l'accent est mis sur une gestion basée sur les schémas et les processus écologiques actuels (c.-à-d. qu'on favorise les mesures *adaptatives* comme l'expansion des réserves forestières ou l'élimination des espèces envahissantes) (Hagerman et Pelai, 2018). En revanche, il existe peu de recommandations sur la manière de gérer les forêts en utilisant de nouveaux modèles écologiques (c.-à-d. en recourant à des mesures *transformatrices* comme faciliter l'établissement d'arbres en dehors de leur aire de répartition naturelle, voir l'encadré 3.4) (Hagerman et Pelai, 2018). Cette tendance est compréhensible compte tenu du degré élevé d'incertitude (Hagerman et Pelai, 2018; Puettmann et Messier, 2019). En effet, la gestion fondée sur les modèles biophysiques actuels peut être mieux comprise, perçue comme étant moins risquée, plus acceptable socialement comme institutionnellement, et plus viable économiquement que la gestion fondée sur des options transformatrices (Hagerman et Pelai, 2018). Pourtant, un nombre croissant de travaux sur les incidences attendues des changements climatiques suggère que le maintien des pratiques actuelles n'est pas toujours un objectif de gestion forestière réalisable (Stafford *et al.*, 2011; Messier *et al.*, 2015). Par exemple, de nouveaux assemblages d'espèces (c.-à-d. de nouveaux écosystèmes) ont commencé à émerger (Seastedt *et al.*, 2008; Hobbs *et al.*, 2013). Comme les changements climatiques et d'utilisation des terres rendent la gestion axée sur la maintenance intenable, Hagerman et Pelai (2018) affirment que les stratégies de gestion tenant compte de multiples futurs écologiques possibles se révéleront essentielles.

### Encadré 3.4 Migration assistée des arbres

La migration assistée – le déplacement intentionnel d'espèces vers des zones situées en dehors de leur aire d'origine actuelle – est une stratégie d'adaptation aux changements climatiques de plus en plus courante pour la conservation des espèces végétales (Heller et Zavaleta, 2009), y compris les arbres ayant une importance commerciale (Hagerman et Pelai, 2018). La migration assistée est de plus en plus appliquée en foresterie, en particulier pour les essences qui risquent de ne pas pouvoir se développer de manière optimale lorsque leur environnement local devient plus sec et plus chaud (GC, 2014 b). La plupart des mesures et des propositions de migration assistée se sont jusqu'à présent concentrées sur les mouvements intracontinentaux d'une seule espèce dans son aire de répartition d'origine ou juste au-delà (Pedlar *et al.*, 2012). Par exemple, la Colombie-Britannique a été la première province au Canada à mettre en œuvre une politique explicite pour faciliter le déplacement des semences de mélèze occidental (*Larix occidentalis*) des régions du sud vers celles du nord de la province (Klenk, 2015).

Bien que la migration assistée ait le potentiel de maintenir la productivité des forêts (Gray *et al.*, 2011), les services écosystémiques et la santé globale des forêts (Kreyling *et al.*, 2011), elle n'est pas une stratégie de gestion universellement acceptée (Aubin *et al.*, 2011). Certaines préoccupations portent sur l'introduction possible d'autres risques (p. ex. espèces envahissantes, agents pathogènes), entraînant la perturbation des écosystèmes récepteurs (Hewitt *et al.*, 2011). Il existe également des défis réglementaires, comme l'absence de législation et de lignes directrices (Williams et Dumroese, 2013), et une opposition du public à la migration assistée des arbres en dehors de leur aire d'origine (Peterson St-Laurent *et al.*, 2018a). Néanmoins, la migration assistée continue d'être considérée comme une tactique plausible de gestion forestière pour aider les végétaux à s'adapter aux changements climatiques (GC, 2014b), et les forestiers professionnels du Canada sont de plus en plus favorables à son adoption (Peterson St-Laurent *et al.*, 2021).

## Le secteur forestier a commencé à gérer les forêts en fonction de valeurs et de fonctions multiples.

L'approche de gestion forestière du Canada a historiquement donné la priorité à un petit nombre d'espèces à valeur commerciale et s'est concentrée sur un ensemble relativement étroit d'objectifs de gestion (Hagerman *et al.*, 2010; Messier *et al.*, 2015). Par exemple, les pratiques de gestion se sont traditionnellement concentrées sur l'optimisation de la production de bois d'œuvre, maximisant ainsi les rendements financiers (Menzel *et al.*, 2012; Rico et Gonzalez, 2015). Il existe quelques exemples de systèmes multifonctionnels d'aide à la décision qui prennent en compte une définition plus large de la valeur, intégrant des composantes sociales, écologiques et économiques (Sheppard, 2005; Menzel *et al.*, 2012; Rico et Gonzalez, 2015). En fournissant plus d'un bien ou d'un service à partir d'une zone de terre donnée – par exemple, non seulement le bois, mais aussi la bioénergie à base de bois, l'atténuation des changements climatiques, le stockage de l'eau, les activités récréatives et les produits forestiers non ligneux – les forêts peuvent être multifonctionnelles, conférant ainsi des avantages économiques et non économiques (Mansuy, 2016). Messier *et al.* (2021) montrent également que les preuves s'accumulent quant à une fourniture accrue de services écosystémiques et une résilience renforcée lorsqu'on plante des forêts plus diversifiées.

La plupart des tactiques de gestion n'ont cependant pas changé dans la pratique. Pourtant, la maximisation des niveaux de récolte sans prise en compte adéquate des événements à risque extrême (p. ex. feux irréprimés, épidémies de phytoravageurs) est à même d'entraîner l'épuisement du stock forestier (Nelson et Scolah, 2021). Même si les forêts sont gérées en fonction de valeurs multiples, l'approche actuelle de la gestion forestière au Canada ne reflète pas la complexité des écosystèmes forestiers. Elle suppose qu'il est possible de prédire avec exactitude les essences qui seront souhaitables à l'avenir et nuit à la résilience des forêts face aux perturbations (Messier *et al.*, 2019). De nouvelles approches pourraient bien être nécessaires (encadré 3.5).



### Encadré 3.5 Une approche de la gestion forestière qui met l'accent sur la diversité et la redondance fonctionnelles

À ce jour, la plupart des stratégies d'adaptation des forêts considèrent les changements climatiques de manière isolée. L'adaptation à ces changements repose principalement sur l'introduction d'un nombre limité de nouveaux géotypes, espèces ou populations d'arbres provenant de différents endroits et censés être plus adaptés aux climats futurs (Hagerman et Pelai, 2018). En outre, ces arbres sont souvent cultivés en monoculture pour la production de bois d'œuvre (Dymond *et al.*, 2014). Cette démarche s'inscrit dans une approche de la gestion forestière fondée sur la prévisibilité des changements climatiques. En d'autres termes, il s'agit d'une stratégie visant à faire face à un risque connu. Cependant, l'adaptation à d'autres changements globaux, comme les espèces nuisibles envahissantes et les changements sociétaux, a reçu moins d'attention, en partie en raison de la grande imprévisibilité de tels événements (Puettmann et Messier, 2019).

Une approche qui prend en compte l'adaptation à des risques inconnus est nécessaire. Elle doit mettre l'accent sur les assemblages d'espèces d'arbres ayant une grande diversité fonctionnelle (c.-à-d. des caractéristiques végétales permettant une variété de réponses à de multiples perturbations) et sur la redondance (c.-à-d. des caractéristiques similaires, de sorte que si une espèce est éliminée, la diversité communautaire des caractéristiques végétales est maintenue) (Messier *et al.*, 2015; Oliver *et al.*, 2015; Aubin *et al.*, 2016). Une forêt présentant une grande diversité fonctionnelle est mieux à même de résister à diverses perturbations (connues ou non), car elle est composée d'espèces dotées d'un large éventail de mécanismes de réponse au changement. Une redondance fonctionnelle élevée garantit également la pérennité des fonctions écosystémiques si une espèce disparaît. De multiples études menées dans divers écosystèmes, dont les systèmes agricoles, montrent que l'adaptation et la résilience sont fortement liées à la diversité fonctionnelle (Mori *et al.*, 2013; Field et Parrott, 2017; Anderegg *et al.*, 2018; Frei *et al.*, 2020).

On observe des changements dans la gestion des forêts au Canada, notamment en raison de la diversification des acteurs concernés. La conservation de la biodiversité forestière et les services écosystémiques non ligneux (p. ex. la séquestration du carbone, la pureté de l'air et de l'eau, l'esthétique dans, les

activités de loisirs) sont de plus en plus au cœur des stratégies de gestion (Messier *et al.*, 2015; Puettmann et Messier, 2019). Même si ce sont les gouvernements provinciaux et territoriaux qui sont légalement propriétaires de la majorité des forêts canadiennes et qui les ont gérées au cours des derniers siècles (principalement par le biais de baux à usage industriel), il n'en reste pas moins que les peuples autochtones du Canada ont géré ces forêts, les ont utilisées et en ont pris soin pendant des millénaires (chapitre 6). La participation des groupes environnementaux et des populations autochtones est ainsi de plus en plus reconnue (bien qu'avec des limites persistantes) dans la gouvernance et la gestion des forêts (Hagerman *et al.*, 2010; McGregor, 2011; Nikolakis et Nelson, 2015).

### Le suivi des indicateurs de changement est vital pour les efforts d'adaptation, mais les capacités restent limitées.

L'adaptation réussie de la gestion des forêts aux changements environnementaux crée une demande d'information accrue, notamment d'indicateurs de changement (Lorente *et al.*, 2020). Pourtant, il n'existe pas de cadre global pour rendre compte des incidences des changements climatiques au Canada. Pour combler cette lacune, le SCF a établi un système de suivi des changements forestiers en 2011, dans le but de recueillir des données sur l'occurrence et la portée des changements en cours dans les forêts canadiennes (Lorente *et al.*, 2020). La liste des indicateurs – bien documentés – comprend ceux qui sont liés à la sécheresse, aux conditions météorologiques propices aux incendies forestiers, à la durée de la saison de croissance, aux régimes des feux, à la mortalité des arbres, aux organismes nuisibles et à la répartition des essences, entre autres (Lorente *et al.*, 2020). Cependant, la capacité à documenter des indicateurs supplémentaires est actuellement limitée. Il s'agit notamment d'autres phénomènes météorologiques extrêmes (p. ex. la foudre et les orages), la régénération des arbres (le succès et l'échec des blocs de migration assistée), la phénologie (le moment du débourrement) et la biodiversité (l'habitat, la diversité génétique) (Lorente *et al.*, 2020). Il est essentiel de combler ces lacunes pour les efforts d'adaptation futurs dans le secteur forestier. Les évaluations de la vulnérabilité climatique au niveau du sol, qui permettent de cerner les risques, peuvent également contribuer à renforcer la capacité d'adaptation du Canada (Gouv. de la C.-B., 2021). Reconnaissant ce besoin, le budget fédéral de 2021 prévoit des fonds pour entreprendre le tout premier recensement de l'environnement au Canada afin d'aider à surveiller les tendances environnementales (y compris les écosystèmes et les espèces) (GC, 2021a).

### 3.5.2 Agriculture

Le secteur agricole canadien réagit aux effets des changements climatiques en modifiant ses pratiques culturales et en utilisant des variétés de cultures sélectionnées en fonction de caractéristiques précises, comme la tolérance à la sécheresse.

#### Les agriculteurs modifient leurs pratiques en réponse aux changements climatiques.

Si les agriculteurs ont toujours été confrontés à l'incertitude météorologique, les changements climatiques compliquent la prévision des conditions futures (GC, 2014a; CAC, 2019b). Afin de maintenir les rendements à mesure que les températures augmentent, les agriculteurs modifient leurs pratiques en appliquant des stratégies d'adaptation et d'atténuation, notamment en ayant davantage recours aux pesticides face à l'expansion des populations d'insectes, en irriguant plus en raison des conditions de sécheresse, et en introduisant des changements dans les systèmes de culture (GC, 2014a; Deutsch *et al.*, 2018). Certaines mesures d'adaptation documentées dans les Prairies comprennent l'agriculture sans labour ou avec un labourage minimal, l'ensemencement précoce des cultures et le séquençage avec rotation des cultures (Cutforth *et al.*, 2007). L'efficacité de ces stratégies pourrait toutefois être limitée dans un contexte de changements climatiques plus intenses et imprévisibles (Kulshreshtha, 2019).

#### La sélection de caractères précis est un outil d'adaptation.

La sélection des cultures repose sur la diversité génétique des plantes pour créer des cultivars dotés de caractéristiques améliorées, comme un rendement plus élevé et une tolérance au stress biotique ou abiotique (Swarup *et al.*, 2020). S'il existe de multiples approches de la sélection des plantes, les sélectionneurs passent souvent par les étapes suivantes : i) détermination des caractéristiques importantes; ii) recherche des sources de diversité génétique pour les caractères souhaités; iii) application de la sélection pour la combinaison souhaitée et iv) réalisation des derniers tests requis pour le développement de la variété. En fonction du type de culture, de nombreuses techniques de sélection peuvent être employées et de nombreuses variétés peuvent être produites (Swarup *et al.*, 2020).

Différentes variétés de cultures, sélectionnées selon des caractéristiques particulières leur permettant de tolérer les facteurs de stress abiotique, ont joué un rôle important dans l'adaptation au climat. Par exemple, des cultures comme le pois chiche (*Cicer arietinum*) ont été sélectionnées en vue d'une floraison précoce afin d'éviter les dommages causés par les gelées qui peuvent survenir tôt à l'automne dans les Prairies (Bueckert et Clarke, 2013). Des variétés de cultures tolérantes à la sécheresse ont également été employées pour adapter l'agriculture

aux changements climatiques (AAC, 2020e). La tolérance à la sécheresse peut être obtenue par des programmes de sélection (Bueckert et Clarke, 2013) ainsi que par des outils moléculaires.

Ces outils qui peuvent améliorer l'efficacité de la sélection comprennent la sélection génomique (Ontario Genomics, 2021), comme l'utilisation de marqueurs moléculaires pour augmenter le rendement des cultures ou améliorer la résistance aux organismes nuisibles (Chen *et al.*, 2019). Les marqueurs moléculaires sont liés à certains gènes d'intérêt dans le génome de la plante, ce qui permet ensuite aux sélectionneurs de choisir la présence de caractéristiques souhaitables dès le début du processus de sélection plutôt que de laisser pousser les plantes jusqu'à maturité (Chen *et al.*, 2019). Les progrès récents de la génomique pourraient faciliter l'obtention de variétés résistantes au gel, au stress thermique et aux inondations (Génome Canada, 2021; Ontario Genomics, 2021). De même, le domaine de l'épigénétique – l'étude de tous les processus qui affectent l'expression des gènes (phénotypes) sans modifier les séquences d'ADN (Amaral *et al.*, 2020) – offre des perspectives pour permettre aux végétaux de mieux répondre aux facteurs de stress et de s'acclimater aux changements de leur habitat (Richards *et al.*, 2017).

La biotechnologie peut fournir des sources de variations génétiques qui ne sont pas accessibles par les techniques de sélection traditionnelles (Swarup *et al.*, 2020), facilitant, par exemple, la création de variétés adaptées à de nouvelles conditions climatiques. La sélection transgénique par génie génétique permet l'insertion ciblée de gènes d'intérêt dans des variétés établies (Chen *et al.*, 2019). Cependant, le développement de nouvelles variétés peut prendre plus d'une décennie, sans tenir compte du temps additionnel nécessaire à l'approbation réglementaire (Chen *et al.*, 2019). Ainsi, en date de 2021, le maïs (*Zea mays*) est la seule culture génétiquement modifiée en vue d'une tolérance accrue à la sécheresse dont l'utilisation est approuvée au Canada (ACIA, 2017a). Les progrès de l'édition génomique, comme le système CRISPR/Cas, ont le potentiel de réduire considérablement le temps nécessaire au développement d'une nouvelle variété (Chen *et al.*, 2019). Les défis sociétaux associés à l'adoption de technologies de sélection innovantes, notamment les obstacles réglementaires, l'opposition du public et l'accès inéquitable, sont examinés plus en détail au chapitre 5.

### Les systèmes biodiversifiés et les rotations de cultures peuvent aider les végétaux à résister aux périodes de sécheresse.

La biodiversité peut améliorer la résilience des écosystèmes végétaux. Les pratiques agricoles qui améliorent ou préservent la biodiversité peuvent également jouer un rôle important dans l'adaptation aux changements climatiques (CPAA, 2018). La biodiversité (mesurée, par exemple, par l'habitat faunique sur les terres agricoles) est un indicateur de la santé du sol (AAC, 2020b)

et peut aider les écosystèmes agricoles à résister à des phénomènes météorologiques extrêmes comme les sécheresses (Nielsen *et al.*, 2015). Les exploitations dont les cultures sont diversifiées, par exemple, disposent de plus d'options si une culture ne produit pas (CPAA, 2018).

Une étude menée en Ontario a révélé que des rotations de cultures plus diversifiées améliorent la stabilité des rendements pendant les périodes anormalement chaudes et sèches, réduisant ainsi le risque de mauvaises récoltes (Gaudin *et al.*, 2015). Plus précisément, l'inclusion du blé et du trèfle rouge (*Trifolium pratense*) dans la rotation a augmenté la stabilité du rendement du soja de 16 % pendant les années de sécheresse. Les avantages en termes de rendement résultant de la diversité des cultures étaient moins prononcés par temps humide et frais (Gaudin *et al.*, 2015). Une autre étude réalisée en Amérique du Nord a montré que le maïs cultivé dans le cadre d'une rotation plus diversifiée présentait des pertes de rendement moindres pendant les années de sécheresse (Bowles *et al.*, 2020). Le revenu annuel tiré de la rotation des cultures de maïs et de soja avec le blé peut également accroître la stabilité des bénéfices au fil du temps en Ontario (Janovicek *et al.*, 2021).

### La diversité génétique est importante pour favoriser la résilience.

La diversité phytogénétique est nécessaire pour favoriser la résilience et les efforts d'adaptation aux changements climatiques (IPBES, 2019a). Pourtant, la diversité génétique des végétaux diminue à l'échelle mondiale en raison de multiples facteurs, dont l'urbanisation, les changements climatiques et l'industrialisation de l'agriculture via des pratiques comme la monoculture (Alsos *et al.*, 2012; IPBES, 2019a; ECCC, 2020d). Bien que l'uniformité génétique des cultures soit importante pour l'approvisionnement alimentaire du Canada, des niveaux plus faibles de diversité entravent la capacité des végétaux à s'adapter aux facteurs de stress environnementaux et biotiques (Jump *et al.*, 2008; AAC, 2018a). La plupart des plantes cultivées au Canada proviennent d'ailleurs, de sorte que les caractéristiques des cultures qui présentent un intérêt pour le pays (c.-à-d. les caractéristiques adaptées aux conditions changeantes) se retrouvent principalement dans les variétés de végétaux cultivés et sauvages d'autres pays (AAC, 2018a; ECCC, 2020d). Par exemple, moins de 2 % des ressources phytogénétiques mondiales sont conservées dans des installations canadiennes, ce qui souligne la nécessité de renforcer la coopération internationale menée par de multiples acteurs et de soutenir davantage les banques de gènes (Owen *et al.*, 2014; AAC, 2018a; McCouch *et al.*, 2020).

### 3.5.3 Écosystèmes naturels

L'établissement d'aires protégées<sup>10</sup> (AP) dans tout le Canada représente l'approche de gestion la plus courante pour conserver la biodiversité dans divers écosystèmes. Ces aires ont joué un rôle important dans la conservation des végétaux, tant au Canada qu'à l'échelle mondiale, car elles offrent un refuge aux espèces et réduisent les facteurs de stress d'origine humaine, notamment les changements d'utilisation des terres et la fragmentation de l'habitat (GTCCCCP, 2013; ECCC, 2020a). Cependant, la discussion sur la manière d'adapter les AP aux changements climatiques a peu progressé au cours de la dernière décennie, ce qui pourrait limiter leur efficacité future (Barr *et al.*, 2020).

#### Les changements climatiques menacent l'efficacité des zones protégées.

Lorsqu'elles sont gérées efficacement, les AP peuvent préserver les écosystèmes, ainsi que les fonctions et les services qu'ils fournissent (Lemieux *et al.*, 2011; ECCC, 2020a). Cependant, étant donné que les changements climatiques modifient la disponibilité des habitats dans divers écosystèmes et que de nouveaux organismes nuisibles sont introduits dans les aires protégées, les parcelles de terrain fixes peuvent se révéler un outil de conservation moins efficace (Lemieux *et al.*, 2011). Par exemple, les changements climatiques peuvent modifier l'habitat disponible, entraînant la migration des espèces végétales en dehors des aires protégées (Hole *et al.*, 2009). En 2019, 11 % de la superficie terrestre et des eaux intérieures du Canada étaient officiellement protégés, la proportion de terres protégées ayant augmenté au fil du temps (ECCC, 2020a). Toutefois, cette superficie reste inférieure aux objectifs internationaux de conservation de la biodiversité que le Canada s'est engagé à respecter (17 % des terres et des eaux intérieures protégées d'ici 2020) (ECCC, 2019). La plupart des grandes aires protégées du Canada se trouvent dans le Nord (ECCC, 2020a) et, par conséquent, tous les écosystèmes du pays ne sont pas également conservés.

Si les aires protégées restent un moyen rentable de conserver les écosystèmes et constituent un outil important d'adaptation au climat (Dudley *et al.*, 2010; Lemieux *et al.*, 2011; GTCCCCP, 2013), les approches de gestion et de gouvernance des AP devront s'adapter afin de conserver leur pertinence dans le contexte des changements climatiques (Heller et Zavaleta, 2009). L'intégration des AP dans la planification régionale de l'utilisation des terres, l'institutionnalisation de la gestion fondée sur les écosystèmes et la conception délibérée dans un souci de complexité, de résilience et de redondance peuvent contribuer à garantir la

<sup>10</sup> Les AP comprennent les parcs nationaux, provinciaux et territoriaux, les forêts et les réserves naturelles provinciales et territoriales, les parcs tribaux, les réserves municipales, et d'autres terres mises en réserve par des partenariats public-privé.

conservation de la biodiversité et des fonctions écosystémiques (Lemieux *et al.*, 2011). Des interventions de gestion plus actives au sein des AP (p. ex. la migration assistée) peuvent également être nécessaires (Lemieux *et al.*, 2011). Les initiatives visant à maintenir ou à restaurer la connectivité des paysages sont quant à elles susceptibles de contribuer à renforcer la résilience des AP (Heller et Zavaleta, 2009). Une approche de l'adaptation basée sur les écosystèmes, qui se concentre sur la conservation des fonctions écosystémiques (plutôt que sur les espèces individuelles), pourrait être particulièrement appropriée en tant qu'outil d'adaptation aux changements climatiques (GTCCCCP, 2013; GC, 2014b). Il a également été démontré que la création d'aires protégées cogérées avec les peuples autochtones et les collectivités locales facilite la gestion des risques liés aux changements climatiques (Lemieux *et al.*, 2011).

# 4

## Risques associés aux organismes nuisibles pour la santé des végétaux

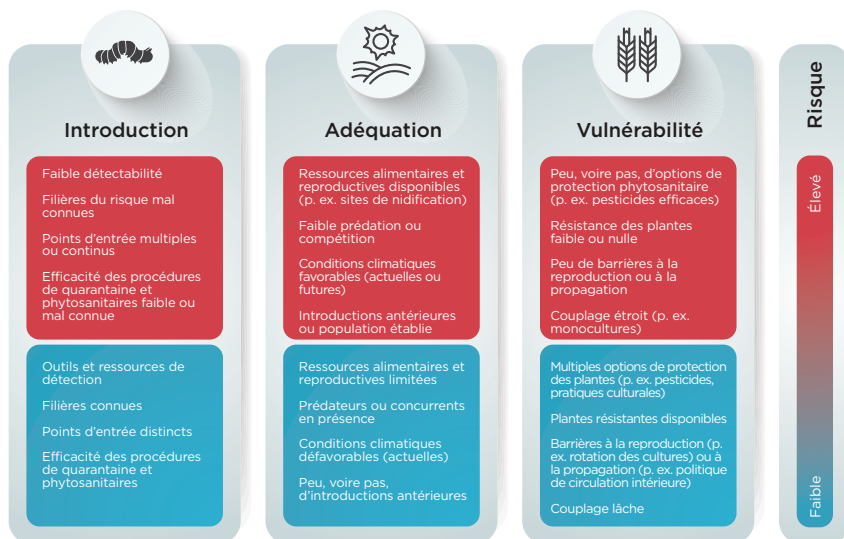
- 4.1 Introduction et diffusion
- 4.2 Établissement et croissance des populations
- 4.3 Gestion des risques



## Constatations du chapitre

- Le risque d'établissement des organismes nuisibles est plus élevé lorsque les espèces introduites proviennent de régions climatiques similaires; or, à mesure que les changements climatiques créent des conditions hospitalières plus au nord, certaines espèces adaptées aux climats des États-Unis pourraient migrer vers le Canada.
- Le commerce et les voyages à l'intérieur du pays introduisent des organismes nuisibles, nouveaux et établis, dans de nouvelles zones. Ils arrivent également au Canada par le biais de vecteurs de migration et de dispersion (p. ex. le vent, l'eau, d'autres animaux).
- Les organismes nuisibles s'adaptent à leur environnement et aucune stratégie d'atténuation unique ne saurait fonctionner indéfiniment. Les végétaux comme ces organismes évoluent côte à côte; par conséquent, les différentes approches et outils employés pour atténuer les dommages et maintenir les fonctions écosystémiques doivent également évoluer.
- En favorisant la diversité au sein de la flore et des fonctions écosystémiques, ainsi qu'une variété de stratégies économiques et de gestion, on réduit la vulnérabilité des écosystèmes végétaux aux organismes nuisibles.

Les changements induits par l'homme dans l'utilisation des terres, le climat et les habitudes de déplacement peuvent modifier la menace que représentent les organismes nuisibles pour la santé des végétaux. Ces changements sont à même de modifier l'emplacement, la fréquence et l'intensité des épidémies d'insectes et la croissance des mauvaises herbes, en plus de favoriser la propagation et l'établissement des espèces envahissantes. Plusieurs facteurs influencent le risque que représente l'établissement d'une nouvelle population de nuisibles pour la santé des végétaux. Il s'agit notamment de la probabilité qu'un organisme nuisible s'introduise dans un nouvel écosystème, de l'adéquation de cet écosystème par rapport aux besoins de l'organisme nuisible et de la vulnérabilité du milieu aux dommages et à la propagation de ce dernier (figure 4.1).



**Figure 4.1 Facteurs influençant les risques associés aux organismes nuisibles pour la santé des végétaux**

Les scénarios phytosanitaires à haut risque impliquent des organismes nuisibles largement indétectables (et non contrôlés) arrivant par de multiples voies d'introduction dans des zones présentant des conditions environnementales favorables (y compris des ressources alimentaires et reproductives abondantes), et contre lesquels il existe peu - voire aucune - mesure de protection ou de contrôle.

## 4.1 Introduction et diffusion

Bien que certaines espèces d'organismes nuisibles soient indigènes au Canada, elles deviennent problématiques lorsque des conditions environnementales favorables à la croissance des populations entraînent des dommages économiques et écologiques dépassant un seuil acceptable. Certaines espèces arrivent au Canada via les mouvements de marchandises – elles sont importées intentionnellement pour l'agriculture ou l'aménagement paysager, ou involontairement car dissimulées dans la terre, les palettes de bois ou d'autres produits végétaux. Enfin, d'autres nuisibles sont naturellement présents (ou sont importés) aux États-Unis ou dans d'autres pays; ils entrent ensuite au Canada par le biais du vent, de l'eau ou des vecteurs animaux. Les stratégies d'atténuation varieront en fonction de la voie d'introduction, mais dans tous les cas, l'adéquation et la vulnérabilité des écosystèmes végétaux canadiens influenceront également la probabilité comme la gravité de l'issue.

### 4.1.1 Mouvements internationaux de personnes et de marchandises

Le Canada fait partie d'un système interconnecté au sein duquel les personnes et les marchandises traversent constamment les frontières internationales. Si la mondialisation offre une multitude d'avantages, elle contribue également à une augmentation des risques pour la santé des végétaux. Ces risques sont accrus par le commerce, les voyages, le transport et le tourisme (Waage et Mumford, 2008). L'ACIA, dans sa *Politique sur les plantes envahissantes*, précise les principales voies d'introduction et de dispersion au Canada des espèces à réglementer : les semences (pour la propagation); les plants destinés à la plantation (p. ex. plantes ornementales, médicinales, stabilisatrices de sol); le grain (pour les aliments du bétail, les utilisations industrielles, la mouture, les graines pressurées); le foin, la paille et les matériaux d'emballage et enfin le sol (ACIA, 2012). La *Politique sur les plantes envahissantes* s'applique à l'importation et aux déplacements intérieurs de plantes réglementées à titre de parasites (en vertu de la *Loi sur la protection des végétaux*) et de celles réglementées à titre de mauvaises herbes interdites (en vertu de la *Loi sur les semences*); toutefois, les mesures de contrôle ne sont appliquées qu'aux voies d'introduction « qu'il est possible de réglementer » (ACIA, 2012).

Le bois provenant des caisses, des palettes et d'autres méthodes d'emballage a été reconnu comme un matériau à haut risque utilisé dans le transport de marchandises (Campbell, 2001). Le bois utilisé dans ces produits est généralement de faible qualité et inapte à d'autres usages; il peut être déjà endommagé ou infesté par des organismes nuisibles, ou susceptible d'être infesté s'il est laissé à l'air libre en attendant d'être utilisé (Campbell, 2001). Les normes relatives aux importations d'emballages en bois au Canada (en provenance de tout pays autre que les États-Unis) comprennent des exigences de traitement visant à réduire la propagation des nuisibles, telles que prescrites par la réglementation fédérale (directive D-98-08 de l'ACIA) ou les normes internationales (NIMP 15) (ACIA, 2008b).

Les conteneurs maritimes sont également des vecteurs bien connus d'organismes nuisibles, des centaines de millions de conteneurs étant transportés à travers le monde chaque année (FAO, 2016). Les contaminants les plus courants retrouvés sur les conteneurs maritimes sont la terre et les résidus, qui transportent graines, nématodes (p. ex. vers ronds), phytopathogènes et insectes (Brockerhoff, 2016). Le sol peut être un vecteur particulièrement insidieux. Par exemple, quatre véhicules de construction transportés à la station de recherche de Rothera en Antarctique étaient chargés de 132 kg de terre contenant herbes, mousses et petites plantes intactes, ainsi qu'environ 40 000 graines, dont environ 11 % se sont avérées viables (c.-à-d. capables de germer dans les conditions environnementales locales), sans parler des araignées, larves de moucheron et de mouches, collemboles et acariens qui ne sont pas originaires du continent (Hughes *et al.*, 2010).

Au Canada, les cinq villes ayant les niveaux annuels les plus élevés d'importations associées aux insectes forestiers (niveaux déterminés à partir des inspections) sont les villes portuaires de Montréal/Contrecoeur (Québec), Vancouver (Colombie-Britannique), Fraser River (Colombie-Britannique), Halifax (Nouvelle-Écosse) et Hamilton (Ontario) (Yemshanov *et al.*, 2012). Si les coûts des mesures préventives à ces points d'entrée – notamment la surveillance et l'assainissement – peuvent être élevés, ils sont généralement compensés par les avantages de telles pratiques, notamment l'élimination des coûts exorbitants associés aux stratégies d'éradication une fois qu'un nuisible a intégré un environnement non indigène (Brockerhoff, 2016). Prenons pour exemple le Sea Container Hygiene System (SCHS), créé en 2010, qui s'étend des îles du Pacifique à l'Australasie, et qui prévoit une inspection des marchandises avant exportation, des opérations de nettoyage et la production de rapports (Brockerhoff, 2016; Gouv. de l'Australie, 2019). On a constaté que le SCHS réduisait les taux de contamination de 90 % et qu'il générerait des avantages économiques en diminuant le besoin de traitements et de mesures supplémentaires une fois le produit arrivé à destination (Brockerhoff, 2016; FAO, 2016).

En 2013, une ébauche de norme internationale pour les mesures phytosanitaires (NIMP) a été rédigée afin de minimiser l'impact des conteneurs d'expédition sur la santé écologique (CIPV, 2013). Les mesures prévues par cette norme comprennent :

- un examen visuel des conteneurs maritimes pour détecter toute contamination;
- des méthodes pour éliminer la contamination;
- la certification des compagnies de transport;
- la vérification de la propreté (par un examen visuel);
- la prévention de la contamination des conteneurs propres (CIPV, 2013).

L'ébauche de la NIMP contient également des directives pour les pays importateurs, notamment des lignes directrices sur les inspections de conformité. Elle prévoit en outre la coopération entre les organisations nationales de protection des végétaux et les compagnies de transport sur les mesures d'amélioration, la recherche sur la prévention de la contamination et l'échange d'informations sur les résultats des inspections (CIPV, 2013). Si les risques posés par les conteneurs maritimes ont été reconnus par la Commission des mesures phytosanitaires (CMP) – et s'il a été convenu que le projet proposé de NIMP aiderait bien à traiter ces risques – on a également fait observer que la NIMP serait « complexe à réaliser » et que le projet devrait être considéré comme étant « en suspens, devant faire l'objet d'un réexamen par la CMP dans un délai maximum de cinq ans » (FAO, 2020a). À ce jour, la NIMP n'a pas été adoptée.

## Les céréales importées peuvent être une voie de propagation des graines de mauvaises herbes au Canada.

L'importation de céréales, qu'elles soient destinées à l'alimentation animale, à la consommation humaine ou à des usages industriels, est une filière de risque phytosanitaire qui peut entraîner la propagation de mauvaises herbes (via les graines) au Canada (Wilson *et al.*, 2016). Les céréales importées de régions au climat similaire mais à la flore adventice différente sont source de préoccupations particulières. À l'inverse, les céréales importées de régions où les espèces de mauvaises herbes sont également établies au Canada ne sont pas vues comme étant aussi préoccupantes. Les pratiques agricoles du pays d'origine, telles que la rotation des cultures, le labourage, le type de culture et l'utilisation d'herbicides – ainsi que le temps choisi pour la récolte, les conditions météorologiques et la maturité de la culture à ce moment-là – peuvent influencer sur les probabilités de retrouver des graines de mauvaises herbes dans les céréales importées. Les cultures qui sont moins compétitives, cultivées biologiquement, récoltées près du sol ou qui font appel à de petites graines courent un plus grand risque de contamination par les graines de mauvaises herbes que les cultures plus compétitives, traitées avec des herbicides, récoltées à une plus grande hauteur et qui font appel à de grosses graines. La manutention des grains (en particulier, les opérations de nettoyage et de classement) a également une incidence sur la contamination. Il faut savoir que tous les grains contiennent une certaine proportion de matières étrangères admissibles; la variation de la composition de ces matières étrangères, ainsi que la pratique consistant à mélanger des grains de différentes origines (pour atteindre un niveau autorisé précis de matières étrangères) peuvent entraîner une plus grande incertitude quant au nombre et au type de graines de mauvaises herbes présentes dans les importations (Wilson *et al.*, 2016).

La contamination croisée et les déversements pendant le transport et le stockage peuvent aussi ajouter à l'incertitude quant au type et au volume des graines de mauvaises herbes, avec comme conséquence directe l'établissement et la propagation de plantes nuisibles aux abords des routes, des voies ferrées et des installations d'importation (Wilson *et al.*, 2016). Les exigences en matière d'importation peuvent inclure la certification phytosanitaire et l'imposition de permis d'importation, ainsi que des obligations en matière de traitement – comme le chauffage des grains à une certaine température pendant une durée précise – afin de réduire la viabilité des graines de mauvaises herbes. L'usage final auquel les céréales importées sont destinées peut en outre avoir un impact sur la propagation des graines de mauvaises herbes. En effet, les céréales utilisées pour l'alimentation animale présentent un risque plus élevé d'introduction et de diffusion des mauvaises herbes en raison de la

transformation minimale requise et du potentiel de dissémination dans l'environnement local. À l'inverse, les céréales destinées à la consommation humaine ou aux produits industriels présentent un risque moindre, car le nettoyage, la transformation et l'utilisation finale réduisent le risque que des graines de mauvaises herbes viables s'échappent dans l'environnement. Les sous-produits du nettoyage des grains sont également utilisés comme composants de l'alimentation du bétail; cependant, le broyage et la transformation sont à même de réduire la viabilité des graines de mauvaises herbes et d'atténuer le risque de propagation (Wilson *et al.*, 2016).

### De nombreux organismes nuisibles sont importés dans le contexte de l'horticulture ornementale et de l'aménagement paysager.

Parmi les importations les plus risquées figurent les plantes vivantes destinées à l'horticulture, qui ont été décrites comme « une voie d'introduction d'organismes nuisibles d'une efficacité redoutable » (Regelbrugge, 1998, cité dans Campbell, 2001). Il y a deux raisons à cela. Premièrement, l'industrie horticole repose sur la vente d'espèces non indigènes (Hulme *et al.*, 2017). Par exemple, aux États-Unis, les espèces non indigènes représentent 80 % des produits de pépinière et 90 % des ventes (Hulme *et al.*, 2017). Pour les consommateurs, la décision d'acheter des espèces non indigènes repose sur une préférence pour quelque chose d'unique; or, la plupart ne sont pas non plus conscients des incidences environnementales potentielles de l'introduction d'espèces végétales non indigènes dans l'écosystème (encadré 4.1). Deuxièmement, il existe un manque de réglementation au sein de l'industrie horticole elle-même. Cette dernière est difficile à contrôler en raison du nombre d'acteurs en présence, comme les importateurs, les pépinières et les consommateurs, entre autres. Pour cette raison, les mesures de conformité sont difficiles à mettre en œuvre et le secteur, difficile à réglementer (Hulme *et al.*, 2017).

## Encadré 4.1 Impacts environnementaux et sanitaires des plantes importées

Le panais sauvage et le nerprun cathartique ont probablement été introduits en Amérique du Nord en tant que produits horticoles : les colons européens cultivaient le panais pour la consommation (Averill et DiTommaso, 2007), tandis que le nerprun (introduit plus tard) était utilisé de manière très répandue comme plante paysagère dans les haies et comme brise-vent (Anderson, 2012b). Le nerprun et le panais sauvage figurent toutefois parmi les cinq principales espèces envahissantes préoccupantes – avec le roseau commun, l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) et la renouée du Japon (*Reynoutria japonica*) – telles que signalées par les municipalités et les offices de protection de la nature de l'Ontario en 2019 (Vyn, 2019).



Le panais a été introduit en Amérique du Nord au 17<sup>e</sup> siècle en tant que variété cultivée (*Pastinaca sativa* ssp. *sativa*); la plante a probablement échappé à la culture peu de temps après et a retrouvé sa forme sauvage (Averill et DiTommaso, 2007). Or, la forme sauvage contient de la furanocoumarine, un composé chimique qui dissuade la prédation, mais qui provoque également une phytophotodermatite chez les humains et le bétail – c'est-à-dire une brûlure chimique résultant de l'exposition de la peau à la sève et à la lumière du soleil (Averill et DiTommaso, 2007). Les efforts pour contrôler le panais sauvage – ainsi que la berce du Caucase (*Heracleum mantegazzianum*), une autre espèce échappée de l'horticulture ornementale – sont largement motivés par des préoccupations concernant la santé humaine et animale. Le panais sauvage pousse dans les champs, le long des routes et dans d'autres zones accessibles au public (Page *et al.*, 2006; Averill et DiTommaso, 2007).

Le nerprun cathartique – planté en Amérique du Nord depuis le début du 20<sup>e</sup> siècle – dégrade pour sa part l'habitat des animaux sauvages et réduit la biodiversité en faisant concurrence aux plantes indigènes. La plante tolère l'ombre et la sécheresse; elle pousse en fourrés denses qui supplantent les arbres et arbustes indigènes et se propage rapidement car ses fruits ont un effet laxatif sur la faune (Anderson, 2012b). Le nerprun est également nuisible aux récoltes, car il peut être l'hôte de phytoravageurs comme la rouille couronnée de l'avoine (*Puccinia coronata* f.sp. *avenae*) et le puceron du soja (*Aphis glycines*) (Anderson, 2012b).

Des options de réglementation et de politiques visant à décourager l'importation de plantes non indigènes pour l'horticulture ornementale se présentent tout au long de la chaîne d'approvisionnement : des interdictions d'importation et de vente aux campagnes de sensibilisation des consommateurs, en passant par les codes de conduite volontaires (Hulme *et al.*, 2017). Par exemple, l'Ontario Invasive Plant Council publie le site *Grow Me Instead* où l'on suggère de planter des variétés indigènes pour remplacer les espèces communes mais envahissantes utilisées en horticulture (OIPC, 2020). Les plantes envahissantes sont évaluées à l'aide des mêmes procédures d'analyse des risques que les autres organismes nuisibles réglementés par l'ACIA. À l'heure actuelle, 25 plantes figurent sur la liste des organismes nuisibles réglementés, ainsi que 85 arthropodes, 63 virus, 39 champignons et 19 bactéries; figurent également dans la liste 8 nématodes, 8 mollusques (tous des escargots) et 8 « organismes inconnus » (soit les agents non identifiés de maladies végétales connues). L'importation de tous ces organismes est interdite au Canada, tout comme leur déplacement à l'intérieur du pays (ACIA, 2020c).

### Le commerce électronique crée de nouvelles voies pour l'introduction d'espèces non indigènes.

La croissance du commerce électronique a accru le potentiel de commerce et de vente de plantes, de graines et d'insectes envahissants, et ainsi aggravé les risques pour les cultures agricoles, les forêts et la biodiversité du Canada (FAO, 2017a; ACIA, 2018a). Si les exigences relatives à la vente et au transport des plantes et des produits végétaux qui concernent le commerce traditionnel s'appliquent également au commerce électronique, ce dernier s'est avéré, à bien des égards, plus difficile à surveiller, notamment à la lumière de l'expansion rapide du commerce des produits agricoles sur ce nouveau marché (FAO, 2017a). Une stratégie de marketing en ligne qui visait les consommateurs nord-américains en 2020 a révélé toute l'ampleur qu'a prise le secteur des semences vendues en ligne et l'absence de réglementation qui le caractérise (encadré 4.2). Il faut savoir que, contrairement aux produits alimentaires vendus pour la consommation, les semences risquent d'établir et de propager des organismes nuisibles envahissants dans de nouveaux environnements (FAO, 2017a).



## Encadré 4.2 Le cas des graines mystérieuses

En 2020, des personnes d'un peu partout en l'Amérique du Nord ont commencé à signaler la réception de colis qu'elles n'avaient pas commandés et qui contenaient de mystérieuses graines non étiquetées. En réponse à cette situation, l'ACIA (et le département de l'Agriculture des É.-U.) a demandé au public de signaler ces colis aux bureaux régionaux et de s'abstenir de planter, de composter ou de jeter les graines directement à la poubelle où elles pourraient germer (ACIA, 2020a; Koebler, 2020; Lowrie, 2020). La plupart des colis provenaient de Chine et, heureusement, les graines ne correspondaient généralement pas à des espèces envahissantes ni dangereuses (Lowrie, 2020). Les autorités américaines ont déterminé que l'envoi de ces graines faisait partie d'une arnaque où les détaillants en ligne génèrent de fausses commandes en envoyant des colis non sollicités aux consommateurs, ce qui permet aux premiers de rédiger de fausses critiques afin de renforcer la réputation du produit en ligne. Ce constat a permis de dissiper les craintes voulant que les graines fassent partie d'une menace bioterroriste plus large (Lowrie, 2020). En réponse à l'incident et à l'enquête qui a suivi, Amazon – l'un des plus grands détaillants en ligne au monde – a annoncé en septembre 2020 qu'il interdisait la vente en ligne de semences étrangères aux acheteurs américains; cependant, aucune information n'a été communiquée quant à l'extension de cette interdiction au Canada ou à d'autres pays (Ermont et Newman, 2020).

L'importation involontaire d'organismes nuisibles par le biais d'envois postaux et de colis contaminés est reconnue comme une voie potentielle d'introduction, bien qu'elle ne soit pas bien documentée ni surveillée (Meurisse *et al.*, 2019). Meurisse *et al.* (2019) considèrent que cette voie est de nature semblable à celle des déplacements d'organismes nuisibles embarqués dans des bagages personnels ou associés aux articles alimentaires. Une analyse des inspections de bagages entrant aux États-Unis de 1984 à 2000 a révélé que 83 % des organismes nuisibles détectés étaient liés à du matériel végétal frais (p. ex. fleurs coupées, fruits, parties de plantes), relativement peu étant transportés sans aucun matériel végétal porteur (6 %), une proportion encore moindre étant associée aux produits du bois (3 %) (McCullough *et al.*, 2006).

#### 4.1.2 Circulation des personnes et des marchandises au Canada

Les voyages et le commerce au Canada participent également à la propagation des organismes nuisibles. Les directives de biosécurité pour la production agricole peuvent contribuer à diminuer le potentiel d'introduction d'organismes nuisibles dans les exploitations (voir p. ex. Gouv. du Man., s.d.), tandis que les politiques relatives aux terrains de camping et les campagnes de sensibilisation du public cherchent à réduire le déplacement du bois de chauffage et ainsi, ralentir la propagation des phytoravageurs forestiers envahissants (voir p. ex. Gagné *et al.*, 2017). En dehors de cela, la circulation intérieure des marchandises au Canada est peu réglementée en ce qui concerne la protection phytosanitaire, et la plupart des protocoles de biosécurité reposent sur des gestes volontaires de la part des agriculteurs, des propriétaires fonciers et des touristes.

#### L'infrastructure routière facilite la propagation des espèces envahissantes au pays.

Les grandes routes bordées de vastes accotements et de fossés créent un habitat qui comporte peu de concurrence; les volumes de circulation élevés aident à disperser les graines et l'entretien des routes crée des perturbations régulières du sol – voilà tous des facteurs contribuant à transformer les routes en autant d'habitats et de couloirs de dispersion pour les espèces envahissantes (Joly *et al.*, 2011). Par exemple, un génotype exotique du roseau commun a été introduit en Amérique du Nord au début du 20<sup>e</sup> siècle puis, dans les années 1970, il a commencé à s'étendre rapidement et à dominer les populations de roseaux communs (Lelong *et al.*, 2007). Les incidences négatives de cette variété exotique sur la faune indigène sont bien documentées, notamment la perte d'habitat pour les crapauds (Greenberg et Green, 2013), les tortues (Markle et Chow-Fraser, 2018) et les oiseaux (Tozer et Beck, 2010), sans parler des pertes substantielles de biodiversité végétale et de richesse en espèces dans les habitats de zones humides (Meyerson *et al.*, 2000; Ailstock *et al.*, 2001; Silliman et Bertness, 2004). Le génotype exotique représente désormais plus de 95 % des colonies de roseaux communs au Québec; sa brusque prolifération suit de près l'expansion du réseau routier dans cette province entre 1964 et 1979, la variété exotique semblant disposer d'un avantage concurrentiel dans les types d'habitats humides que l'on trouve dans les fossés en bordure de route (c.-à-d. faible niveau d'eau et niveaux de sodium plus élevés dus aux applications de sel routier) (Lelong *et al.*, 2007). Les routes sont également responsables dans une large part de la dissémination de la petite herbe à poux (*Ambrosia artemisiifolia*) au Québec (Joly *et al.*, 2011), ainsi que de la propagation des mauvaises herbes nuisibles dans les habitats forestiers (voir p. ex. Birdsall *et al.*, 2012).

## Les déplacements intérieurs facilitent la propagation des espèces envahissantes au Canada.

Lorsqu'un organisme nuisible est introduit au Canada par le biais du commerce international, l'expansion de son aire de répartition et son établissement peuvent être facilités, au-delà de sa capacité de dispersion naturelle, par des déplacements à médiation humaine entre le point d'entrée (p. ex. un port ou un passage frontalier) et des endroits précédemment épargnés (Koch et Smith, 2010). Par exemple, le déplacement involontaire des œufs ou de l'organisme à d'autres étapes de son cycle de vie dans les véhicules et les marchandises représente le principal mode de propagation du bombyx disparate<sup>11</sup> (*Lymantria dispar*) en Amérique du Nord (encadré 4.3). Au Yukon, le mélilot blanc (*Melilotus albus*) s'est propagé des bords de route – où il a probablement été introduit par de l'équipement lourd contaminé utilisé pour dégager les emprises d'autoroute – aux berges des rivières, où il modifie la structure de la végétation, augmente la fréquence et l'intensité des incendies et semble réduire l'habitat occupé par les petits oiseaux (Snyder et Anions, 2008). À plus petite échelle, les véhicules récréatifs, les bicyclettes, les coureurs et les piétons qui se déplacent dans différentes zones au cours d'une journée peuvent contribuer à la propagation locale des espèces nuisibles (Anthony, 2017). Bien que l'on ne connaisse pas l'impact de la dispersion par les vêtements ou les véhicules sur la distribution des espèces par rapport à d'autres vecteurs, des études ont démontré la capacité des graines à être transportées par les vêtements portés par les touristes, les véhicules, voire les chevaux (Pickering et Mount, 2010). Environ 15 % des mauvaises herbes nuisibles aux États-Unis sont transportées par les voitures (Ansong et Pickering, 2013). Si de nombreux organismes nuisibles sont déjà répandus dans les zones à forte densité humaine, l'introduction involontaire d'espèces dans des zones relativement épargnées, par exemple par le biais de l'écotourisme (Pickering et Mount, 2010) ou de l'extraction de ressources (Snyder et Anions, 2008) est préoccupante.

11 Également connu sous le nom commun de « spongieuse » (en parlant de la larve).

### Box 4.3 Le bombyx disparate fait le tour de l'Amérique du Nord au gré du vent

Le bombyx disparate a débarqué pour la première fois au Massachusetts en 1869, importé par un mathématicien et astronome français qui espérait croiser cette espèce avec un ver à soie indigène, *Antheraea polyphemus*, afin de mettre sur pied des activités de sériciculture en Amérique du Nord (McManus et Csóka, 2007). En 20 ans, ce papillon s'était établi au point d'entraîner une défoliation importante, les chenilles (dites « spongieuses ») étant suffisamment nombreuses pour attirer l'attention du public, ce qui a conduit à des efforts d'éradication sur 250 000 hectares, couvrant 30 villes.



Ces efforts ont été couronnés de succès. Les représentants de cette espèce sont devenus rares, et la défoliation, minime, de sorte que les contrôles ont cessé en 1899. En 1905, cependant, les populations de bombyx disparate avaient rebondi et s'étaient étendues aux États voisins (McManus et Csóka, 2007).

Pour trouver de la nourriture, les spongieuses grimpent et se suspendent aux branches des arbres sur des fils de soie, où elles attrapent le vent et peuvent ainsi être transportées sur plus d'un kilomètre (Marshall, 1981). En 1906, il a été reconnu que la propagation rapide du papillon sur des distances beaucoup plus grandes était due au fait que des grappes d'œufs et des individus à d'autres stades de leur cycle vie étaient transportés par des véhicules le long des routes principales (McManus et Csóka, 2007). Les efforts de contrôle ont donc été étendus et généralisés, sous la forme de règlements, ainsi que de l'éradication chimique et mécanique des infestations. Cependant, de nouvelles introductions ont également eu lieu et, bien que les efforts de contrôle aient réduit le taux de propagation entre 1916 et 1965, ce taux a presque décuplé au cours des trois décennies suivantes, en partie en raison du développement d'un réseau routier national et de l'augmentation connexe des transports dans les années 1970 (McManus et Csóka, 2007)

(Continue)

(a continué)

Le bombyx disparate a été détecté pour la première fois en Ontario en 1969 et on le retrouve désormais partout où il y a des chênes (*Quercus* sp.) dans cette province (Gouv. de l'Ont., 2020b). Les spongieuses (chenilles du disparate) s'attaquent également à l'érable (*Acer* sp.), au tremble (*Populus* sp.), au saule (*Salix* sp.) et à d'autres feuillus; on a aussi pu observer que la déprédation s'étendait aux conifères, y compris le pin blanc (*Pinus strobus*) (Gouv. de l'Ont., 2020b). Les populations de spongieuses sont éruptives, présentant de faibles densités pendant plusieurs années avant de s'étendre rapidement pour atteindre une phase épidémique qui peut durer d'un à trois ans (McManus et Csóka, 2007). Plus récemment, la défoliation causée par cette espèce est passée d'environ 47 000 hectares en Ontario en 2019 à plus de 580 000 hectares en 2020 (Gouv. de l'Ont., 2020b).

### Les espèces de phytoravageurs forestiers peuvent se propager par le transport de bois de chauffage infesté.

Dans un scénario modélisant le transport du bois de chauffage infesté, on a pu prédire qu'un foyer initial de phytoravageurs dans la région métropolitaine de Toronto pourrait entraîner l'infestation de tous les terrains de camping du Manitoba, de l'Ontario et du Québec en l'espace de deux décennies (Jentsch *et al.*, 2020). La prolifération de l'agrile du frêne a en effet suivi un rythme aussi rapide après son introduction au Canada en 2002 (Jentsch *et al.*, 2020). Le bois de chauffage importé peut être traité à la chaleur, stérilisé au four, écorcé ou réduit en copeaux pour tuer les organismes nuisibles, les magasins à grande surface proposant justement du bois de chauffage provenant de producteurs à grande échelle qui traitent leur bois à la chaleur (Gagné *et al.*, 2017). Toutefois, la plupart des terrains de camping s'approvisionnent en bois de chauffage auprès de fournisseurs locaux, et les campeurs eux-mêmes peuvent se procurer du bois n'importe où, y compris dans les stations-service ou auprès de fournisseurs indépendants. Bien qu'il existe certains règlements au fédéral limitant le déplacement du bois de chauffage dans les parcs nationaux et interdisant son transport des zones réglementées vers les zones non réglementées, la plupart des mesures restent d'application volontaire. Le long des routes très fréquentées, des bacs d'élimination du bois de chauffage ont été placés à certains points frontaliers (internationaux et provinciaux) en Alberta, au Manitoba et en Ontario, afin d'encourager l'élimination volontaire du bois potentiellement infesté ou infecté avant d'entrer dans l'une de ces provinces. Les parcs provinciaux découragent quant à eux le transport de bois de chauffage dans les terrains de camping en

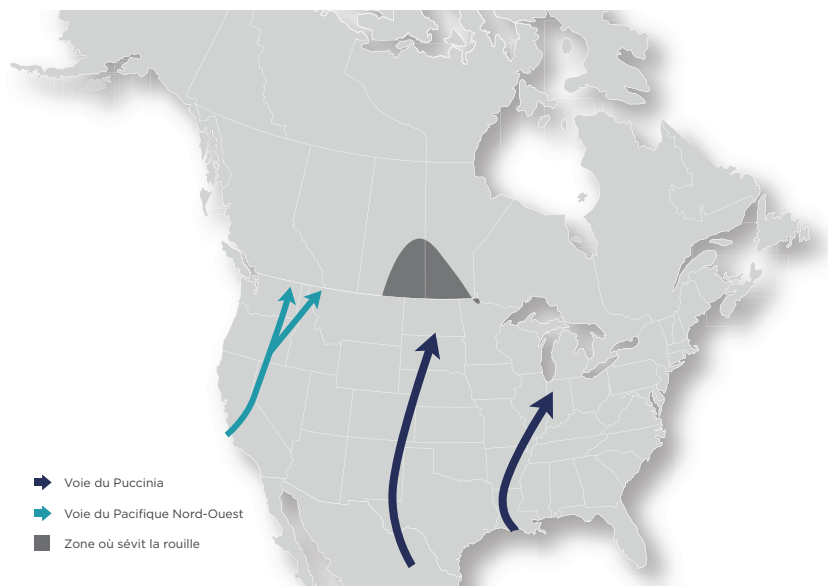
vendant du bois ou en incluant le bois de chauffage dans les frais exigés des visiteurs, comme le font certains terrains de camping privés. Les campagnes de sensibilisation ont utilisé des messages comme « achetez le bois là où vous le brûlez » et « ne transportez pas le bois de chauffage » pour informer le public des risques liés aux déplacements (Gagné *et al.*, 2017). Cependant, la plupart de ces efforts ont été largement inefficaces pour stopper la propagation des espèces envahissantes, et risquent de le rester à défaut de mesures de quarantaine contraignantes, à long terme et à grande échelle (Jentsch *et al.*, 2020).

### 4.1.3 Voies et vecteurs naturels de propagation

Bien que la frontière entre le Canada et les États-Unis constitue une barrière géopolitique à la circulation des personnes et des marchandises entre les deux pays, les organismes nuisibles peuvent se déplacer librement au gré du vent, par voie aquatique ou par l'intermédiaire de vecteurs animaux, de part et d'autre de la ligne de démarcation. De même, les frontières provinciales et territoriales ne constituent pas des obstacles physiques aux déplacements de nombreuses espèces de nuisibles, à l'exception des caractéristiques géographiques comme les montagnes Rocheuses et le fleuve Saint-Laurent, qui peuvent limiter le mouvement des agents de dispersion.

#### Tous les organismes nuisibles ne dépendent pas de voies d'introduction faisant intervenir l'homme.

Certaines espèces débarquent au Canada grâce aux courants venteux. Par exemple, la rouille du soja est arrivée en Amérique du Nord par l'intermédiaire de spores transportées par des ouragans au-dessus de l'océan Atlantique depuis l'Afrique (Fetch *et al.*, 2011), tandis que l'agent d'autres maladies de la rouille (causées par le champignon *Puccinia*) hiverne dans le sud des États-Unis et migre vers le Canada au fil des courants venteux : c'est ce que l'on appelle la « voie de migration du *Puccinia* » (Fetch *et al.*, 2011) (figure 4.2).



Reproduit avec la permission d'Aboukhaddour *et al.* (2020)

#### Figure 4.2 Voies de migration typique par le vent de l'agent de la rouille des céréales

L'agent causal des maladies de la rouille du blé (qui affectent les tiges et les feuilles) passe l'hiver dans le Sud-Central des États-Unis et migre vers le nord jusqu'au Canada sous l'effet des vents, via la « voie de migration du Puccinia ». Parallèlement, depuis 2000, la rouille jaune du blé s'est déplacée vers le nord, en empruntant la « voie du Pacifique Nord-Ouest », suite à une adaptation de l'agent causal à des températures plus élevées.

Les animaux peuvent également servir de vecteurs de dispersion sur de longues distances pour les organismes nuisibles. Ainsi, les graines des plantes envahissantes peuvent être dispersées sur de vastes étendues lorsque des animaux, comme les oiseaux et les cerfs, consomment les fruits et libèrent les graines viables ailleurs dans l'environnement par leurs déjections (Myers *et al.*, 2004; Bartuszevige et Gorchoy, 2006). Par exemple, on a constaté que les merles d'Amérique (*Turdus migratorius*) transportent les graines du chèvrefeuille de Maack (*Lonicera maackii*) – une espèce envahissante originaire d'Asie – le long des clôtures et en bordure des bois dans l'est de l'Amérique du Nord (Bartuszevige et Gorchoy, 2006). Les graines et autre matériel reproductif végétal peuvent aussi se déplacer par l'eau, les épisodes de crue étant susceptibles de disperser les pousses et les rhizomes des plantes envahissantes dans les plaines inondables – comme c'est le cas pour la renouée du Japon – ce qui rend le contrôle de la propagation de certaines espèces envahissantes particulièrement ardu (Colleran et Goodall, 2014).

## Les voies de dispersion des organismes nuisibles peuvent être complexes et interagir de manière inattendue.

La rouille couronnée de l'avoine constitue « sans doute la plus importante maladie de l'avoine au Canada » (Fetch *et al.*, 2011). Elle entraîne des pertes de rendement au Québec, en Ontario, au Manitoba et dans l'est de la Saskatchewan.

Contrairement à d'autres cultures touchées par les maladies de la rouille, il se révèle difficile d'établir des cultivars d'avoine résistants, car la rouille couronnée a recours à un hôte intermédiaire (le nerprun cathartique) où la reproduction sexuée a lieu; ce phénomène accélère la recombinaison génétique de l'organisme et donc, l'adaptation à la résistance. Les rouilles du blé ont également recours à un hôte intermédiaire, l'épine-vinette (*Berberis* sp.), pour assurer la reproduction sexuée; les efforts de lutte contre ces phytoravageurs prévoyaient donc l'élimination – largement couronnée de succès – de l'épine-vinette ornementale dans les zones sensibles (Fetch *et al.*, 2011). Le nerprun, en revanche, est beaucoup plus difficile à contrôler, sa propagation étant facilitée par la dispersion des graines par les oiseaux et d'autres animaux (Heimpel *et al.*, 2010). La propagation et l'établissement continu du nerprun sont encore facilités par une autre espèce envahissante, l'agrile du frêne, qui, en tuant les frênes (*Fraxinus* sp.), crée des trous dans le couvert forestier que le nerprun exploite en supplantant arbres et arbustes indigènes (Baron et Rubin, 2020).

Les interactions entre les phytoravageurs des cultures, les espèces envahissantes et les voies de dispersion naturelles comportent d'autres niveaux d'intrications écologiques. Par exemple, le nerprun est également l'hôte du puceron du soja, qui, à son tour, peut être une source de nourriture importante pour les coccinelles asiatiques (*Harmonia axyridis*) (Heimpel *et al.*, 2010). Si la coccinelle asiatique est utilisée comme agent de lutte biologique contre d'autres phytoravageurs des cultures, son comportement alimentaire généraliste a entraîné des répercussions sur les populations d'arthropodes indigènes qu'on n'avait pas envisagées au départ; par conséquent, elle est désormais considérée comme un phytoraveur de la production fruitière, notamment pour le raisin de cuve (Koch et Galvan, 2007). Le défi que représente le contrôle des voies naturelles de dispersion et les interactions complexes entre les espèces le long de ces voies – comme on le voit ici – soulignent l'importance des stratégies réduisant l'adéquation et la vulnérabilité des écosystèmes aux organismes nuisibles; le soutien à la gestion des espèces envahissantes, comme la recherche et le développement de cultivars résistants, s'inscrivent dans ces stratégies (voir p. ex. Fetch *et al.*, 2011).



## 4.2 Établissement et croissance des populations

Afin de s'établir dans de nouvelles zones, les organismes nuisibles introduits ont besoin d'un habitat (Hall *et al.*, 1997). Dans certaines régions, les changements climatiques auront pour effet d'augmenter la quantité d'habitats disponibles pour les espèces nuisibles. Par exemple, dans un contexte de hausse des températures, les larves d'insectes pourraient survivre en plus grand nombre, entraînant une croissance plus élevée des populations (Bentz *et al.*, 2010). Des zones auparavant inadaptées peuvent ainsi devenir rapidement hospitalières, les populations d'insectes étant également susceptibles de s'adapter à d'autres changements environnementaux (Sambaraju *et al.*, 2012).

### 4.2.1 Phytoravageurs forestiers

Les populations de phytoravageurs forestiers évoluent sous la pression combinée des changements climatiques, des modifications de l'intensité de l'utilisation des terres et des pratiques forestières, sans oublier l'introduction continue et l'extension de l'aire de répartition des espèces non indigènes. Par exemple, les agents pathogènes indigènes des arbres peuvent être relativement répandus dans l'aire de répartition d'une espèce. Les épidémies sont alors davantage associées aux changements environnementaux qui augmentent la sensibilité (p. ex. sécheresse, dommages causés par les tempêtes) qu'à la présence de l'agent pathogène lui-même (RNCAN, 2018). Les pratiques de gestion dans les forêts matures (p. ex. éclaircissement) doivent donc tenir compte de la manière dont les changements climatiques peuvent interagir avec les phytoravageurs indigènes lorsqu'on adopte des méthodes visant à réduire la probabilité et la gravité des épidémies (voir p. ex. Wyka *et al.*, 2018).

#### Les facteurs de stress environnementaux peuvent exacerber la gravité des épidémies d'insectes forestiers.

Les populations de phytoravageurs forestiers indigènes s'étendent dans un contexte de conditions climatiques changeantes (encadré 4.4). Prenons par exemple la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*), un papillon de nuit originaire de la forêt boréale canadienne dont la larve se nourrit principalement de sapin baumier (*Abies balsamea*) et d'épinette blanche (*Picea glauca*). Les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette se produisent tous les 30 à 40 ans, durent plusieurs années et peuvent se traduire par une défoliation massive couvrant des dizaines de millions d'hectares d'arbres (RNCAN, 2020j). L'épidémie la plus récente a débuté en 2006 au Québec et a entraîné une défoliation modérée à intense sur plus de 7 millions d'hectares de forêt en 2017 (RNCAN, 2020j). Des températures printanières chaudes et une augmentation de la production de cônes ont été associées à une synchronisation croissante des

épidémies de tordeuse sur une zone de 62,5 millions d’hectares au Québec, sur une période de 28 ans (Bouchard *et al.*, 2018). En 2018, une épidémie continue de tordeuse du pin gris (*Choristoneura pinus*) – une espèce indigène – a causé des dommages sur plus de 625 000 hectares de forêt autour de la région de Red Lake dans le nord de l’Ontario (MRNF, 2020).

#### Encadré 4.4 Expansion de l’aire de répartition du dendroctone du pin ponderosa sous l’effet des changements climatiques

Le dendroctone du pin ponderosa (*Dendroctonus ponderosae*) est une espèce indigène de l’ouest de l’Amérique du Nord. Une épidémie ayant débuté au début des années 1990 et qui se poursuit à ce jour a affecté jusqu’à présent plus de 18 millions d’hectares de forêt de pin (RNCAN, 2019b). Le dendroctone a attaqué la moitié des pins tordus cultivés à des fins commerciales (*Pinus contorta*) en Colombie-Britannique et, depuis 2017, a dépassé son aire de répartition historique dans le nord de la Colombie-Britannique pour atteindre la forêt boréale de l’Alberta (RNCAN, 2019b). Les changements climatiques modifient la sensibilité des forêts de pins aux épidémies de dendroctones en influant sur la dynamique des populations de ce coléoptère (développement, reproduction, survie), la synchronisation des populations à travers un paysage (conduisant à des épidémies plus importantes et à l’expansion des aires de répartition), ainsi que la susceptibilité des arbres hôtes (Sambaraju et Goodsman, 2021). La plupart des espèces de pin d’Amérique du Nord sont des hôtes appropriés pour ce coléoptère, et un changement d’hôte observé vers le pin gris (*P. banksiana*) en Alberta augmente le risque d’invasion dans toute la forêt boréale (Sambaraju et Goodsman, 2021). Bien que les données les plus récentes montrent que les infestations de dendroctones n’ont pas atteint le Yukon (Gouv. du Yn., 2021), le phytoravageur a le potentiel de se déplacer vers le nord dans ce territoire, où les populations d’arbres n’ont développé aucune défense naturelle (Sambaraju *et al.*, 2012).

Si l’on regarde du côté des arbres à feuilles caduques comme le tremble, le chêne et l’érable, on constate que la livrée des forêts (*Malacosoma disstria*) peut causer une défoliation substantielle pendant les années d’épidémie (RNCAN, 2019a). De vastes épidémies de livrée des forêts – une espèce indigène – ont été observées dans la forêt boréale depuis les années 1930 (RNCAN, 2019a), la dernière épidémie ayant

atteint un pic en 2013, affectant plus de 7 millions d'hectares de forêt (RNCAN, 2018). À l'échelle du paysage, des quantités plus importantes d'habitats de lisière (causées par la fragmentation des forêts) ont été liées à une durée accrue des épidémies de livrée des forêts (Roland, 1993), les épidémies elles-mêmes se produisant de manière cyclique, tous les quatre à neuf ans, ce qui correspond à peu près à l'oscillation australe d'El Niño et aux températures printanières plus chaudes qui en résultent (Chen *et al.*, 2018).

### Les phytoravageurs forestiers peuvent causer des dommages économiques, environnementaux et socioculturels.

Si les infestations sont à même d'entraîner des pertes massives de couverture forestière, elles peuvent également causer des préjudices économiques importants aux collectivités qui dépendent de la forêt. Principalement en raison de la mortalité des arbres causée par l'épidémie de dendroctone du pin ponderosa, la récolte de bois permise en Colombie-Britannique devrait diminuer continuellement jusqu'en 2025, année où elle devrait se stabiliser (RNCAN, 2020k). Des incidences économiques à long terme sont à prévoir dans les régions qui dépendent du secteur forestier. La modélisation indique que, entre 2009 et 2054, la perte cumulée due au dendroctone représentera 1,3 % du PIB de la Colombie-Britannique – soit 57 milliards de dollars (Corbett *et al.*, 2016). Le déclin du bois commercialisable devrait également entraîner des pertes d'emplois en Colombie-Britannique, conséquence directe de l'épidémie de dendroctone du pin ponderosa (Corbett *et al.*, 2016). La propagation potentielle du dendroctone à la forêt boréale aurait des effets dévastateurs, notamment à cause d'une baisse de la valeur marchande des peuplements forestiers, sans oublier la diminution du stockage du carbone, les pertes de services écosystémiques non liés au bois et les risques accrus d'incendies de forêt (CCMF, 2019a).

L'incidence économique directe des phytoravageurs forestiers non indigènes dans la partie continentale des États-Unis a été estimée en 2011 à plus de 4,9 milliards de dollars américains par an, en raison des dépenses engagées par les municipalités, les propriétaires de maisons et le gouvernement fédéral, ainsi que des pertes au chapitre de la propriété résidentielle comme de la valeur du bois (Aukema *et al.*, 2011). C'est ainsi qu'un phytoravageur introduit – l'agrile du frêne – a entraîné la mortalité de cet arbre un peu partout au Canada (MRNF, 2020). La propagation de l'insecte en question, repéré pour la première fois en Amérique du Nord en 2002 (Cappaert *et al.*, 2005), a été facilitée par le déplacement d'arbres de pépinière, de billes et de bois de chauffage infestés (Siegert *et al.*, 2014). En 2013, l'agrile du frêne se retrouvait dans 21 États américains et deux provinces canadiennes (l'Ontario et le Québec) (Herms et McCullough, 2014). Les taux de mortalité entraînés par l'agrile du frêne sont élevés, certaines forêts ayant perdu

près de 100 % de leurs frênes dans les zones ayant la plus longue histoire d'infestation (Herms et McCullough, 2014). La mort d'arbres adultes, par ailleurs en bonne santé, entraîne des pertes économiques, culturelles et environnementales considérables. L'agrile du frêne a été caractérisé comme étant « l'insecte forestier le plus destructeur à avoir envahi l'Amérique du Nord à ce jour, et celui dont les coûts associés sont les plus importants » (Lovett *et al.*, 2016). Les infestations d'agrile ont un impact estimé à 280,5 millions de dollars américains sur les budgets municipaux aux États-Unis, attribuable en grande partie à l'enlèvement des arbres et des souches (Hauer et Peterson, 2017). Les projections sur 30 ans de l'incidence économique de l'agrile du frêne au Canada (de 2009 à 2039) vont de 0,5 à 1,5 milliard de dollars (McKenney *et al.*, 2012).

Des pertes culturelles dues à l'agrile du frêne sont également à prévoir. Par exemple, les frênes noirs (*Fraxinus nigra*) sont prisés par les peuples Anishinaabe et Haudenosaunee de la région des Grands Lacs pour la fabrication de paniers et d'autres activités (Reo, 2005). Dans un contexte de propagation et d'infestation continues, Herms et McCullough (2014) spéculent que l'agrile du frêne pourrait en définitive éliminer, à toute fin pratique, l'une des essences d'arbres les plus répandues en Amérique du Nord. Il faut noter toutefois que certaines espèces, comme le frêne bleu (*F. quadrangulata*) et le frêne blanc (*F. americana*), présentent une résistance de l'hôte (Tanis et McCullough, 2015), tandis que certains peuplements de frêne blanc ont survécu aux infestations et démontrent une capacité de régénération après coup (Robinett et McCullough, 2019).

### Les menaces que représentent les phytovoleurs forestiers envahissants évoluent dans le temps, ce qui nécessite une surveillance permanente.

Dans une revue mondiale des phytovoleurs forestiers publiée en 2009, la FAO a identifié six insectes introduits comme étant source de préoccupation au Canada. Il s'agit notamment du longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*), de l'hylésine du pin (*Tomicus piniperda*), du scolyte asiatique de l'orme (*Scolytus schevyrewi*), de la spongieuse (*Bombyx disparata*), du sirex européen du pin (*Sirex noctilio*) et de cinq espèces de pucerons, dont le puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsugae*) (FAO, 2009). Parmi ces organismes, seul le scolyte asiatique de l'orme n'était pas une espèce préoccupante répertoriée sur le site Web Forest Invasives Canada en mai 2021; les espèces ayant été ajoutées à la liste étant l'agrile du frêne, le dendroctone du pin ponderosa, le dendroctone méridional du pin (*Dendroctonus frontalis*), le fulgore tacheté (*Lycorma delicatula*), la punaise marbrée (*Halyomorpha halys*), la tenthrède en zigzag de l'orme (*Aproceros leucopoda*) et le longicorne brun de l'épinette (*Tetropium fuscum*) (ISC, 2021b).

On ne sait pas si toutes les espèces préoccupantes inscrites sur la liste sont présentes au Canada. Par exemple, après d'intenses efforts pour contrôler l'introduction du longicorne asiatique à Toronto en 2003, l'ACIA a déclaré que cette espèce avait été éradiquée en 2013 (MRNF, 2020). Bien qu'une invasion subséquente ait été détectée en août 2013 – limitée aux alentours de l'aéroport international Pearson de Toronto à Mississauga, en Ontario – les mesures de contrôle ont fait en sorte que le coléoptère n'a pu être détecté en 2019 (MRNF, 2020). Toutefois, les preuves de la présence de phytoravageurs forestiers peuvent être difficiles à trouver à l'échelle du paysage. En 2018, par exemple, des enquêtes au sol ont révélé la présence de maladies foliaires (dommages aux feuilles et pertes de celles-ci), mais pas les relevés aériens (MRNF, 2019). Mentionnons toutefois que certaines pathologies non détectées par les relevés aériens – la brûlure en bandes brunes des aiguilles (*Mycosphaerella dearnessii*), la rouille des aiguilles de l'épinette (*Chrysomyxa* sp.) et le pourridié-agaric (*Armillaria*) – ont quand même donné lieu à des rapports de dommages foliaires sur 2 042 hectares de forêt en Ontario en 2018 (MRNF, 2019).

#### 4.2.2 Phytoravageurs des cultures

La lutte contre les phytoravageurs est considérée comme un défi important pour l'agriculture. Par exemple, alors que les rendements du blé n'ont cessé d'augmenter de 1960 à 2017 au Canada en raison des progrès technologiques dans la sélection des cultures et les pratiques agronomiques, l'écart entre le rendement potentiel (c.-à-d. dans des conditions idéales) et le rendement réel est resté stable (soit à environ 24 %) sur la même période (Hatfield et Beres, 2019). Une grande partie de cet écart s'explique par les conditions météorologiques (régimes de précipitation); toutefois, même en présence de systèmes de culture irriguée, l'écart de rendement ne s'améliore que d'environ 80 %. C'est dire que d'autres facteurs expliquent l'écart restant de 20 %, notamment les pertes attribuables aux phytoravageurs (Lobell *et al.*, 2009). Selon une enquête menée en 2017 auprès d'experts du Midwest américain et du Canada, la perte de rendement du soja attribuable aux phytoravageurs a été estimée à 25 %, un seul d'entre eux – le nématode à kyste (*Heterodera glycines*) – étant responsable de 9,3 % de cette perte (Savary *et al.*, 2019). La perte de rendement du maïs due aux maladies des plantes en Ontario a atteint plus de 113 millions de boisseaux (soit 569 millions de dollars américains) entre 2012 et 2015, ce qui représente une perte de production d'environ 8 % (Mueller *et al.*, 2016). Avant la commercialisation de cultivars de blé résistants (encadré 4.5), la cécidomyie du blé (*Sitodiplosis mosellana*) entraînait des pertes annuelles de rendement et d'aptitude à l'utilisation finale estimées à 60 millions de dollars (Zheng *et al.*, 2020). Soltani *et al.* (2017) ont trouvé que, sans mesures de contrôle, les mauvaises herbes avaient le potentiel de causer une perte

de 38 % de la production de soja en Ontario, soit l'équivalent de près de 425 millions de dollars américains. Or, les changements climatiques peuvent modifier la compétitivité des espèces de mauvaises herbes, et les pratiques de gestion des phytoravageurs imposent elles-mêmes des pressions de sélection sur les populations d'organismes nuisibles, modifiant ainsi l'efficacité relative des outils et des stratégies au fil du temps. Bien qu'il soit difficile d'établir les tendances globales des populations de phytoravageurs agricoles au Canada, il faut souligner qu'au cours des trois dernières décennies, la proportion de terres cultivées traitées avec des pesticides (insecticides, fongicides et herbicides) a augmenté dans toutes les régions (Malaj *et al.*, 2020).

### La hausse des températures et du taux de CO<sub>2</sub> modifie la répartition et la biologie des mauvaises herbes.

Les changements climatiques permettent aux mauvaises herbes de s'établir dans de nouvelles zones et peuvent rendre les conditions plus favorables dans les aires de répartition actuelles (examiné dans Peters *et al.*, 2014). En Amérique du Nord, l'aire de répartition de nombreuses espèces de mauvaises herbes s'étend vers le nord dans des régions qui étaient autrefois considérées comme trop froides pour permettre la reproduction, y compris le Canada (Clements *et al.*, 2014). Par exemple, la renouée du Japon – une espèce envahissante agressive originaire d'Asie – a connu une expansion rapide dans le sud de l'Ontario (Bourchier et Van Hezewijk, 2010), le réchauffement des températures ayant entraîné une augmentation de 18 % de son habitat au début des années 2000 (Bourchier et Van Hezewijk, 2010). En 2012, il existait des populations établies de renouée du Japon dans tout le sud, le centre et l'est de l'Ontario, ainsi que dans les provinces de l'Atlantique et au Québec (Anderson, 2012a). Des populations se retrouvent également à Winnipeg, au Manitoba et dans le sud de la Colombie-Britannique. Bien que la répartition de la renouée du Japon semble limitée aux zones plus chaudes, la plante s'étendra probablement vers le nord avec le concours des changements climatiques (Anderson, 2012a). Il faut savoir que l'augmentation du taux de CO<sub>2</sub> procure un avantage à de nombreuses espèces de mauvaises herbes en dynamisant leur croissance, leur capacité de reproduction et leur prolifération (Korres *et al.*, 2016), ce qui les rend plus compétitives par rapport aux cultures (Peters *et al.*, 2014). Des études ont également montré que certaines mauvaises herbes peuvent pousser à des températures plus élevées, voire dans des conditions de sécheresse, avec plus de succès que les cultures (Valerio *et al.*, 2011; Korres *et al.*, 2016). Dans l'ensemble, les changements induits par le climat dans la compétitivité entre les mauvaises herbes et les cultures pourraient rendre certaines espèces nuisibles plus difficiles à gérer (Grain Farmers of Ontario, 2019), augmenter le coût de la lutte contre les mauvaises herbes (Korres *et al.*, 2016) et entraîner des pertes de rendement des cultures (Clements *et al.*, 2014).

## La gestion des phytoravageurs nécessite des activités de recherche et de développement permanents.

Comme Owen *et al.* (2014) l'expliquent, « les organismes s'adaptent à toutes les tactiques de lutte utilisées en agriculture », ce qui signifie que l'utilisation exclusive d'un seul pesticide à large spectre entraînera à terme des populations de phytoravageurs résistants. Les solutions de rechange ou les compléments à l'utilisation des pesticides de synthèse incluent la lutte biologique (c.-à-d. la libération de prédateurs ou de parasitoïdes de l'espèce nuisible) et les biopesticides (la pulvérisation de matériel biologique – bactéries ou virus – ciblant les phytoravageurs) (Dixon *et al.*, 2014). L'utilisation de phéromones ou la libération d'insectes stériles génétiquement modifiés pour empêcher l'accouplement et réduire le taux de reproduction sont des innovations récentes, les techniques de suppression des insectes nuisibles faisant l'objet d'un développement continu (Dixon *et al.*, 2014). Différentes stratégies peuvent être efficaces pour réduire l'utilisation globale des pesticides, comme la plantation de cultures-pièges pour attirer les espèces nuisibles vers un rang ou un périmètre contrôlé, ce qui facilite l'application ciblée des pesticides (Dixon *et al.*, 2014). Le Canada est l'un des 10 principaux pays actifs dans la recherche et le développement d'applications de la technologie d'interférence ARN (acide ribonucléique) pour l'agriculture (Mezzetti *et al.*, 2020). Cette technologie permet de cibler et de neutraliser spécifiquement l'ARN messager (ARNm). Il est ainsi possible de modifier les gènes d'un végétal pour en éliminer les métabolites indésirables, ou encore de neutraliser les gènes essentiels d'une espèce nuisible (Mezzetti *et al.*, 2020).

Les stratégies efficaces de gestion des phytoravageurs exigent une identification précise des espèces ainsi que la quantification de l'étendue de l'infestation. De nouvelles technologies permettant de compléter l'identification visuelle des phytoravageurs trouvent leur application dans les trousseaux de terrain et les tests de laboratoire. Par exemple, le projet Barcode of Life Data System (BOLD) a permis d'archiver les séquences d'ADN de plus de 77 % des arthropodes phytoravageurs connus; voilà qui peut contribuer à la fois à détecter les menaces et à distinguer les espèces indigènes des espèces envahissantes dont les apparences sont similaires, mais qui diffèrent par la gravité des dommages qu'elles causent (Ashfaq et Hebert, 2016). Les enquêtes sur le terrain peuvent être complétées par des relevés aériens effectués par drone (pour évaluer les dommages aux cultures) et des pièges à spores volumétriques (pour détecter les agents pathogènes fongiques) (Burchett et Burchett, 2018). Les données issues du suivi et de la surveillance, ainsi que les modèles météorologiques, peuvent être employés pour créer des modèles prédictifs de risque et cerner les préoccupations particulières des agriculteurs à chaque saison de croissance (voir p. ex. Brook, 2016). Enfin, une fois les informations collectées et distribuées, des aides à la décision peuvent contribuer à

informer les agriculteurs sur les mesures qui seront les plus rentables ou les plus efficaces pour maintenir la santé des végétaux. Ces aides à la décision peuvent prendre la forme de publications sur les seuils économiques à partir desquels l'application de pesticides est préconisée, de recommandations en vue de mettre en place des systèmes d'alerte rapide et de prévisions modélisées des périodes d'émergence des phytoravageurs (Dixon *et al.*, 2014).

### La lutte intégrée contre les phytoravageurs s'attaque à la nature dynamique des menaces qu'ils représentent.

La lutte intégrée contre les phytoravageurs fait appel à l'intégration entre, d'une part, les connaissances sur les espèces concernées (p. ex. biologie, répartition, cycle biologique) et, d'autre part, les prévisions (météorologiques, modèles de population), outils de contrôle (applications de pesticides, barrières physiques) et pratiques de culture (moment de la plantation, rotation des cultures, plantation de variétés résistantes) afin d'optimiser la rentabilité des méthodes de lutte (Dixon *et al.*, 2014). L'objectif de la lutte intégrée est de réduire la dépendance aux pesticides. Elle est motivée en partie par le coût, le développement de la résistance aux pesticides chez les populations de phytoravageurs et les préoccupations environnementales et sanitaires entourant l'utilisation des pesticides (Dixon *et al.*, 2014). Ces facteurs se sont à leur tour traduits par des changements apportés aux règlements et politiques gouvernementales. Ils influent notamment sur les exigences des acheteurs, des transformateurs et des consommateurs sur le marché (Gouv. du Qc, 2011; Dixon *et al.*, 2014). La lutte intégrée se base sur la biologie et l'écologie des phytoravageurs et des cultures. Elle a recours à l'application des outils de contrôle et des pratiques culturelles disponibles, et s'inspire des outils d'aide à la décision comme les directives de surveillance, les systèmes d'alerte précoce et les seuils économiques justifiant l'application de pesticides (Dixon *et al.*, 2014).

La lutte intégrée contre les phytoravageurs peut être un défi, car les outils de lutte sont appelés à changer. En effet, certains pesticides sont retirés de l'usage en raison d'une réévaluation réglementaire; de nouvelles menaces de phytoravageurs apparaissent pour lesquelles les outils existants s'avèrent inefficaces; ou encore les populations de phytoravageurs établies s'adaptent aux changements climatiques, à l'utilisation de pesticides ou à d'autres changements dans leur habitat ou leur écologie (p. ex. changements dans les populations de prédateurs ou interactions avec des espèces envahissantes) (Dixon *et al.*, 2014). Les progrès réalisés dans la lutte intégrée contre les phytoravageurs se reflètent dans le cumul des résistances à différents pesticides au sein d'une même culture; l'amélioration des formulations de produits chimiques; la recherche et le développement de nouveaux modes d'action des pesticides; de même que les stratégies de gestion



prévoyant des mesures de contrôle non chimiques, comme les méthodes culturales, biologiques et mécaniques (Nandula, 2019).

La lutte intégrée contre les phytoravageurs est favorisée par une accessibilité accrue à l'information et à l'infrastructure afin de créer de meilleurs outils – prévisions météorologiques, prévisions de degrés-jours, informations géographiques et pédologiques – et d'affiner les seuils économiques justifiant l'application de pesticides (Dixon *et al.*, 2014). Par exemple, le diagnostic des sols joue un rôle important dans les stratégies de lutte intégrée contre le nématode à kyste du soja : il permet en effet de déterminer les densités de population du phytoravageur avant que les cultures ne subissent des dommages visibles. Ce type d'échantillonnage du sol demande cependant beaucoup de temps et de travail, en plus de nécessiter un personnel qualifié (Legner *et al.*, 2021). À ce sujet, la recherche est active dans l'élaboration d'un instrument robotique pour automatiser l'échantillonnage, avec des applications potentielles pour d'autres outils de diagnostic des organismes nuisibles en présence dans le sol (Legner *et al.*, 2021).

Bien que les stratégies de lutte intégrée existent depuis des décennies, la qualité et l'optimisation des programmes de lutte intégrée varient selon la culture et la région. Par exemple, la lutte intégrée contre la cécidomyie du blé est devenue un programme solide et judicieusement utilisé au cours des 15 à 20 dernières années (encadré 4.5), tandis que les programmes de lutte intégrée pour les vignobles canadiens en sont à un stade relativement précoce de leur développement, les recherches qui se poursuivent portant sur l'identification et la biologie des phytoravageurs comme des organismes bénéfiques (voir p. ex. Lasnier *et al.*, 2019).

#### Encadré 4.5 Lutte intégrée contre la cécidomyie du blé

Le plan de lutte intégrée contre la cécidomyie du blé repose sur des connaissances détaillées de la biologie de l'organisme, de son comportement et du moment où les cultures y sont sensibles. Plusieurs décennies de recherche ont permis de cumuler toutes ces connaissances. En plus de recourir à des cultivars résistants (Gavloski et Meers, 2011), les pratiques culturales de plantation permettent de réduire la sélection d'une résistance chez les moucheron eux-mêmes (ex. plantation de 90 % de cultivars résistants combinés à 10 % de blé non résistant) (Dixon *et al.*, 2014). En effet, les producteurs qui achètent des variétés de blé tolérant à la cécidomyie au Canada sont tenus de signer

(Continue)

(à continué)

une entente d'intendance avec leur détaillant, s'engageant à limiter leur utilisation de semences de ferme à une seule génération, afin d'aider à préserver l'efficacité du gène de résistance



(Midge Tolerant Wheat Stewardship Team, s.d.). Les autres outils du plan de lutte intégrée comprennent des pratiques visant à réduire la présence de la cécidomyie dans le sol. Ceci comprend la rotation des cultures avec le canola, le lin (*Linum usitatissimum*) et les légumineuses, ainsi qu'avec d'autres grandes cultures comme l'orge (*Hordeum vulgare*) et l'avoine (*Avena sativa*) (Dixon *et al.*, 2014). Ces pratiques visent également à soutenir les populations de la guêpe indigène *Macroglenes penetrans*, un parasitoïde de la cécidomyie du blé (Elliott *et al.*, 2011).

Les outils d'aide à la décision du plan de lutte intégrée font appel à des seuils économiques établis pour l'application d'insecticides, à des prévisions et à des systèmes d'alerte rapide (Dixon *et al.*, 2014). Avant les semailles, les cartes de prévision fournissent des informations aux agriculteurs afin qu'ils puissent décider s'ils devraient planter une variété de blé non

résistante, une variété résistante ou une culture de remplacement. Ils peuvent également décider de planter tôt (pour éviter que l'émergence des populations de cécidomyies ne converge avec le stade de développement le plus sensible du blé) ou encore de planter un cultivar moins sensible. Après les semailles, les agriculteurs utilisent des outils de suivi et de repérage sur le terrain (comptages visuels, plaquettes adhésives, pièges à phéromones) afin d'éclairer la prise de décision pendant la saison de croissance. De plus, il existe des paramètres connus pour maximiser l'efficacité de l'application d'insecticides, tout en minimisant les incidences potentielles sur la valeur de la récolte et les insectes bénéfiques (ainsi, on applique uniquement lorsque les niveaux de détection atteignent un insecte adulte pour quatre à cinq épis de blé, et lorsque la culture est en épiaison, mais pas encore en floraison).

Les applications tardives d'insecticides ne sont ni rentables ni favorables au maintien des populations de parasitoïdes utiles (Dixon *et al.*, 2014).

## L'agriculture de précision peut fournir des données éclairant la lutte intégrée contre les phytoravageurs.

L'agriculture de précision vise à utiliser « des approches intensives en données pour stimuler la productivité agricole tout en minimisant son incidence environnementale » (Liakos *et al.*, 2018). Plus particulièrement, l'agriculture de précision est un système de gestion des cultures basé sur l'analyse, à partir des données, de la variabilité spatiale et temporelle des facteurs influant sur les cultures et les sols (Stafford, 2000). Les cultures sont ainsi gérées à l'aide de données portant sur la prédiction du rendement, le diagnostic des maladies, la détection des mauvaises herbes, la qualité des cultures et la reconnaissance des espèces (Liakos *et al.*, 2018). Par exemple, l'agriculture de précision peut être utilisée pour déterminer quelles zones de terres cultivées sont constamment non rentables. On peut alors y planter des espèces de remplacement – pour nourrir les pollinisateurs, produire du fourrage pour les animaux, contrôler l'érosion ou fixer l'azote par exemple – dans le but de cumuler les avantages environnementaux, tout en évitant les pertes de récoltes (Capmourteres *et al.*, 2018). En fournissant des estimations précises de l'incidence et de la gravité de l'infestation des phytoravageurs, ainsi qu'en quantifiant les effets négatifs de ceux-ci sur la quantité et la qualité des récoltes, l'agriculture de précision pourrait aussi servir de base à des interventions ciblées pour faire face aux risques phytosanitaires (Mahlein, 2016).

Idéalement, les données recueillies dans le cadre de l'agriculture de précision permettront de détecter les maladies, les insectes ou les mauvaises herbes plus tôt, de différencier les différentes phytopathologies, d'identifier celles qui sont causées par des facteurs de stress abiotiques et d'évaluer leur gravité (Mahlein, 2016). À cette fin, des capteurs peuvent être montés sur différents appareils (tracteurs, robots, avions, satellites) ou être installés de manière stationnaire à des points stratégiques (Mahlein, 2016). Dans la littérature sur l'agriculture de précision, on trouve plusieurs exemples de mesures visant à assurer une meilleure détection des maladies du blé – par exemple, comment reconnaître une culture stressée par l'azote comparativement à du blé infecté par la rouille jaune ou à une culture saine (voir p. ex. Moshou *et al.*, 2004, 2014; Pantazi *et al.*, 2017). Les défis de la surveillance comprennent la capacité de reconnaître les symptômes des maladies, les insectes nuisibles et les mauvaises herbes, ainsi que le temps et les efforts nécessaires pour évaluer non seulement la présence ou l'absence de risques pour la santé des végétaux (incidence de l'infestation), mais aussi les changements sur le plan de la quantité d'organismes nuisibles en présence (intensité de l'infestation) (Weersink *et al.*, 2018). La vérification sur le terrain reste un aspect important pour garantir l'exactitude des résultats phytosanitaires déduits des données recueillies par les capteurs. D'autres défis liés à l'adoption et à l'utilisation efficace de l'agriculture de précision incluent la nécessité de

renouveler l'équipement, l'expertise et l'infrastructure, entre autres aspects (explorés plus en détail dans la section 5.2.1).

### Des pratiques efficaces de lutte contre les mauvaises herbes sont essentielles au succès de l'agriculture au Canada.

Un système efficace de lutte contre les mauvaises herbes intègre une diversité de types de cultures, des cultures et des pratiques pouvant concurrencer les mauvaises herbes, ainsi que des enquêtes menées avant et après l'application d'herbicides pour identifier les mauvaises herbes ciblées et déterminer l'efficacité de l'application (tout en surveillant la résistance) (Beckie et Harker, 2017). La lutte mécanique contre les mauvaises herbes se fait en grande partie par le travail du sol et le désherbage manuel (Khan *et al.*, 2019b). Cependant, les systèmes de contrôle des graines de mauvaises herbes pendant la récolte, qui ciblent et détruisent mécaniquement les vecteurs de reproduction à cette étape, font l'objet d'un développement et d'un usage croissants face aux populations de mauvaises herbes résistantes aux herbicides, y compris dans les Prairies canadiennes (Walsh *et al.*, 2018; Hein, 2021). Il est également possible de livrer la lutte contre les mauvaises herbes sur le plan biologique, en introduisant des insectes pour contrôler certaines espèces. Cette méthode remporte des succès limités, bien que les résultats varient en fonction de la situation géographique et du temps (Appleby, 2005). La recherche et l'application commerciale d'agents pathogènes fongiques et bactériens des mauvaises herbes en tant que myco et bioherbicides, respectivement, ont également connu un succès limité (Appleby, 2005).

La recherche sur l'accroissement de la compétitivité des cultures et l'amélioration des stratégies de lutte contre les mauvaises herbes reste toutefois essentielle au succès à long terme de l'agriculture au Canada. Parmi les domaines de recherche actuels, citons l'application ciblée d'herbicides non sélectifs sur les mauvaises herbes à germination précoce (technique du faux semis sur planches d'ensemencement); la modification de l'espacement des rangs, de la densité de plantation, de l'orientation des rangs et du moment des semis pour améliorer la compétitivité des cultures; le développement de cultivars plus compétitifs; l'amélioration de la modélisation des foyers épidémiques; la télédétection pour fournir de meilleures données sur l'émergence des mauvaises herbes et les zones à problèmes; ainsi que l'application de technologies robotiques et automatisées pour l'élimination ciblée des mauvaises herbes ou l'application d'herbicides (Kumar *et al.*, 2020). Cependant, les stratégies de lutte contre les mauvaises herbes modifieront en elles-mêmes la pression de sélection sur les populations existantes, et peuvent ainsi créer un habitat favorable à d'autres espèces nuisibles. Une meilleure compréhension de l'écologie et de la génétique des mauvaises herbes, ainsi que de leurs fonctions écologiques, contribuera également à améliorer la lutte et à reconnaître les compromis acceptables dans les pratiques de gestion (Clements *et al.*, 2004).

## 4.3 Gestion des risques

L'introduction et l'établissement de nouvelles populations d'organismes nuisibles aux végétaux sont inévitables, tout comme l'évolution des conditions climatiques et l'adaptation de certaines populations existantes aux mesures de gestion. Outre la surveillance et la biosécurité, dont le but est de réduire le risque d'introduction et la diffusion d'organismes nuisibles, les mesures d'atténuation visant la protection de la santé phytosanitaire doivent également tenir compte de la réduction de la vulnérabilité des systèmes végétaux aux défaillances catastrophiques de la fonction écosystémique. La vulnérabilité peut être abordée par des pratiques de gestion favorisant la biodiversité et la redondance des fonctions écosystémiques dans la foresterie et l'agriculture.

### 4.3.1 Pratiques de gestion forestière

La santé future des forêts dépendra de la mesure dans laquelle la réglementation (et son application) en matière de biosécurité arrivera à limiter les nouvelles invasions. Voilà qui nécessitera des activités de recherche et de développement pour concevoir de meilleures techniques et technologies de surveillance, des modèles permettant de cibler les zones et les espèces prioritaires, ainsi que des stratégies d'atténuation pour les phytoravageurs établis. L'amélioration des pratiques actuelles dépendra du développement de la théorie pratique et des connaissances sur les facteurs déterminant l'abondance des organismes nuisibles, sans oublier la façon dont les conditions biotiques et abiotiques affectent la croissance, la reproduction et les interactions du point de vue des arbres comme des phytoravageurs (Ayres et Lombardero, 2017). Cependant, il y a déjà lieu de modifier les pratiques de gestion forestière pour favoriser la biodiversité et la redondance des fonctions écosystémiques afin d'accroître la résilience globale des systèmes forestiers (voir l'encadré 3.5 à titre de rappel).

### L'épandage aérien d'herbicides en forêt peut avoir une incidence sur la santé des végétaux non ciblés.

Au Canada, on a recours à l'épandage aérien d'herbicide – principalement du glyphosate – immédiatement après les activités de récolte forestière pour contrôler les concurrents précoces à croissance rapide des semis plantés (Thompson *et al.*, 2012). Les applications aériennes de glyphosate en 2018 ont couvert 26 839 hectares de forêts en Alberta, 784 au Manitoba, 33 960 en Ontario, 15 161 au Nouveau-Brunswick et 296 à Terre-Neuve-et-Labrador (BDNF, 2020). Un herbicide non identifié (que l'on présume être composé principalement de glyphosate, les détails n'étant pas connus) a été épandu avec des moyens non précisés sur 12 420 hectares de forêt en Colombie-Britannique en 2018 (BDNF, 2020). À la suite de l'élaboration de sa Stratégie de protection des forêts, le gouvernement du Québec a interdit

L'utilisation d'herbicides chimiques dans les forêts en 2001 en raison de préoccupations concernant leurs effets délétères sur l'environnement et la santé humaine (Thiffault et Roy, 2011). Parallèlement, le public réclame de plus en plus la mise en place d'interdictions similaires dans d'autres provinces (voir p. ex. Blanc, 2019; Thompson, 2020). L'épandage aérien de glyphosate est source de conflit dans le nord de l'Ontario, où l'industrie du bois et la récolte des bleuets dépendent des forêts (Stolz, 2018). Outre les dommages directs causés par le glyphosate à la santé des plants de bleuets (Stolz, 2018), on s'inquiète également des incidences sur la santé humaine dans les zones de chevauchement où l'on récolte les plantes indigènes à des fins alimentaires ou médicinales (Wood, 2019).

### La biodiversité, de même que la diversité des pratiques et des perspectives de gestion, sont des aspects importants de la lutte contre les risques liés aux phytoravageurs forestiers.

Dans leur revue d'expériences portant sur la diversité des arbres effectuées dans le cadre d'une plateforme de recherche (TreeDivNet), Grossman *et al.* (2018) notent que la diversité des arbres améliore souvent la survie des jeunes individus et peut favoriser leur croissance. L'application de techniques permettant de mesurer la diversité fonctionnelle et les réseaux spatiaux complexes dans la gestion des forêts est à même de contribuer à orienter les actions d'intendance pour renforcer la capacité d'adaptation naturelle, la productivité et la résilience d'une forêt face aux changements affectant la planète (Messier *et al.*, 2019). Grâce à l'exploitation de plus d'un bien ou d'un service (et pas seulement du bois) à partir d'une zone donnée, les forêts peuvent devenir multifonctionnelles, conférant ainsi des avantages économiques et non économiques. Songeons par exemple à la bioénergie générée à partir du bois, à l'atténuation des changements climatiques, au stockage de l'eau, aux activités récréatives, aux services écosystémiques et aux produits forestiers non ligneux (Mansuy, 2016).

La gestion des forêts est confrontée à des défis sans précédent sur le plan des phytoravageurs, notamment en raison de l'expansion rapide de l'aire de répartition des espèces nuisibles indigènes à la suite du réchauffement climatique et du nombre croissant d'introductions de nouvelles espèces par le biais des échanges et des voyages intercontinentaux (Ayres et Lombardero, 2017). Comme mentionné dans la section 3.5.1, les pratiques de gestion forestière sont traditionnellement axées sur l'optimisation de la production de bois, afin de maximiser les rendements économiques (Menzel *et al.*, 2012; Rico et Gonzalez, 2015). Cette approche est progressivement remplacée par des systèmes multifonctionnels d'aide à la décision qui utilisent une définition plus large de la valeur – une définition qui prend en compte les composantes sociales, écologiques et économiques (Sheppard, 2005; Menzel *et al.*, 2012; Rico et Gonzalez, 2015). En outre, la réalisation d'objectifs plus

larges nécessitera des efforts continus de hiérarchisation, de négociation, d'apprentissage et d'adaptation entre de multiples acteurs (Mansuy *et al.*, 2020). Par exemple, les techniques moléculaires de détection des phytoravageurs forestiers peuvent améliorer considérablement les chances de détection (c.-à-d. la présence actuelle ou récente d'un organisme donné), mais ne fournissent pas d'informations sur la situation phytosanitaire (Lamarche *et al.*, 2015). L'adoption de ces techniques moléculaires en dehors de certains programmes universitaires et gouvernementaux est donc compromise par l'incertitude quant à la viabilité commerciale et à la manière dont les informations issues de cette technologie peuvent être traduites en règlements et en politiques, notamment en ce qui touche le commerce international (Hall *et al.*, 2019). La communication et l'échange d'information aux niveaux régional, national et international sont essentiels pour relever les défis associés aux mouvements nationaux et internationaux d'organismes nuisibles importés intentionnellement ou sous la forme de « passagers clandestins » (Ayres et Lombardero, 2017).

### 4.3.2 Pratiques de gestion agricole

Les producteurs agricoles travaillent activement la terre, gèrent les apports en nutriments et en eau et tentent de minimiser les dommages causés par les organismes nuisibles afin de maximiser la rentabilité, généralement mesurée par la croissance ou le rendement reproductif (c.-à-d. les graines et les fruits). Le fin réglage des cultures et de l'habitat implique la recherche d'un équilibre entre les rendements à court terme et la durabilité à long terme, et peut révéler des relations inattendues entre différentes caractéristiques des cultures, comme la résistance aux phytoravageurs ou à la sécheresse, la compétitivité ou la qualité nutritionnelle.

#### Les technologies de sélection ont été largement adoptées comme outils de lutte contre les phytoravageurs pour certaines cultures au Canada.

Les progrès réalisés dans les techniques de sélection ont conduit à la création de variétés commerciales de cultures tolérantes aux herbicides, en particulier au glyphosate et au glufosinate, ainsi qu'à la mise au point de cultures produisant des toxines de *Bacillus thuringiensis* (« Bt » : une bactérie pathogène des insectes), qui agissent comme un insecticide intégré (Meyer, 2011). La commercialisation de cultures tolérantes au glyphosate au milieu des années 1990 (cultures Roundup Ready de Monsanto) a apporté une solution simple et efficace à la lutte contre les mauvaises herbes, permettant ainsi aux producteurs d'appliquer un herbicide à large spectre très efficace, mais sans nuire aux cultures (Duke et Powles, 2009). Le canola tolérant aux herbicides a été introduit commercialement pour la

première fois en 1995. En 2005, on estimait que 95 % des variétés de canola plantées étaient tolérantes aux herbicides (glyphosate, glufosinate ou imidazolinone) (Beckie *et al.*, 2006). Introduites en 1997, les cultures de soja tolérantes aux herbicides représentaient environ 60 % des cultures de cette plante au Canada en 2005 (Beckie *et al.*, 2006). En 2018, 95 % du soja planté était tolérant aux herbicides (ISAAA, 2018). Moins de la moitié de tout le maïs planté au Canada en 2005 l'était aussi (Beckie *et al.*, 2006), mais de nos jours les variétés de maïs tolérantes aux herbicides, ainsi que celles combinant une résistance aux insectes et une tolérance aux herbicides, ont été adoptées à près de 100 % (ISAAA, 2018).

Les réalités économiques, la diversité génétique disponible et les préférences des consommateurs imposent toutefois des contraintes à la sélection. Outre la résistance aux maladies, ces variétés de cultures seront plus viables économiquement si elles sont uniformes dans leur croissance et leur développement, produisent un haut rendement, font preuve d'efficacité (p. ex. dans l'utilisation de l'eau et des nutriments) et se distinguent par leur haute qualité (au chapitre du goût et de la teneur en nutriments) (Burchett et Burchett, 2018). On constate qu'un ensemble d'innovations – différentes technologies de sélection, pratiques culturales et interventions chimiques – est requis pour garantir la disponibilité des options qui permettront de gérer efficacement les risques phytosanitaires des cultures. En outre, le comité note que la disponibilité de différents outils et pratiques ne suffit pas. En effet, des choix s'imposent également concernant l'utilisation appropriée et opportune des différents outils et pratiques, qui, à leur tour, dépendent de facteurs comme la nature locale des sols, les prévisions météorologiques, les compétences et l'éducation, la disponibilité des équipements, ainsi que les coûts (entre autres).

### La rotation des cultures réduit la vulnérabilité aux épidémies de phytoravageurs.

La rotation des cultures au sein des systèmes agricoles est à même de favoriser la diversité des espèces végétales, ce qui peut accroître la stabilité des rendements, réduire le nombre et l'incidence des phytoravageurs et protéger la santé du sol (Thiessen Martens *et al.*, 2013). Par exemple, les rotations de maïs et de soja avec des cultures de couverture de légumineuses ont amélioré la stabilité du rendement et diminué le risque de mauvaises récoltes au cours d'une étude de 31 ans menée en Ontario (Gaudin *et al.*, 2015). Autre exemple : la hernie des crucifères, une maladie causée par le parasite *Plasmodiophora brassicae* et qui entraîne des excroissances tuméfiées sur les racines des plantes de la famille des brassicacées (incluant le navet, le chou et le canola). Ces excroissances réduisent l'absorption d'eau et de nutriments, et peuvent conduire à un échec complet des cultures en cas d'infestation grave (Strelkov et Hwang, 2014). La hernie survit dans les sols



pendant plusieurs années et est établie dans de nombreuses régions productrices de légumes au Canada, notamment dans les Maritimes, au Québec, en Ontario et en Colombie-Britannique. Ce n'est que récemment que l'on a découvert que la hernie des crucifères affectait aussi les plants de canola. On l'a d'abord constaté au Québec en 1997, puis en Alberta en 2003 (Strelkov et Hwang, 2014).

La production de canola étant une industrie de plusieurs milliards de dollars, le risque économique d'une grave épidémie de hernie des crucifères est élevé. Si les stratégies de gestion de cette maladie comprennent l'enregistrement de variétés résistantes, la recherche a également souligné l'importance de la rotation des cultures pour réduire la vulnérabilité aux infestations sévères (Strelkov et Hwang, 2014). Ainsi, même avec des cultivars résistants, la rotation d'une même culture de canola tous les quatre ans est recommandée, en partie pour maintenir la durabilité de la résistance (Strelkov et Hwang, 2014; Gouv. de l'Alb, 2021b). Une enquête sur l'introduction récente de la hernie des crucifères dans des champs de Peace Country, en Alberta, a révélé que tous les champs infestés faisaient l'objet de rotations courtes et à haute fréquence, le canola étant planté de trois à six fois sur une période de sept à huit ans (Strelkov *et al.*, 2020). Dans l'ensemble de l'Alberta, les pertes les plus graves (soit de 30 à 100 %) ont été observées dans des champs où le canola était cultivé tous les ans ou tous les deux ans (Strelkov et Hwang, 2014).

### La diversité des pratiques agricoles peut réduire la vulnérabilité aux risques phytosanitaires.

Dans une étude sur l'agriculture réalisée au Royaume-Uni, Abson *et al.* (2013) ont constaté que l'augmentation de la diversité de l'utilisation des terres (p. ex. en recourant à l'assolement et à l'élevage) réduisait la variation des rendements attendus, assurant ainsi une plus grande stabilité économique. Cependant, il existe un compromis entre la diversité et les rendements escomptés. En effet, une plus grande diversité réduit le rendement économique d'une utilisation unique des terres et, pour les exploitations de plus de 1 200 hectares, on n'a constaté aucun effet de la diversification sur la résilience économique, probablement en raison des économies d'échelle (Abson *et al.*, 2013). Si la taille moyenne des exploitations agricoles au Canada reste inférieure à ce seuil (voir la figure 1.1 à titre de rappel), il existe des exploitations céréalières et oléagineuses dans les Prairies qui dépassent bien les 5 000 hectares (Brown, 2017). Certaines pratiques visant à soutenir la diversité sont bien établies, efficaces et relativement simples à mettre en œuvre, comme le changement d'espèces et de variétés de cultures d'une année sur l'autre, de nouveaux cultivars de cultures commerciales étant développés et enregistrés chaque année (Thiessen Martens *et al.*, 2013). D'autres pratiques agricoles nécessitent toutefois des travaux de recherche et développement pour déterminer leur applicabilité et leur efficacité dans différents contextes agricoles, comme la

mise au point de cultures pérennes à haut rendement (tableau 4.1). Enfin, d'autres pratiques encore peuvent être relativement bien établies dans certains contextes, mais nécessiter des recherches continues pour les adapter aux conditions locales, comme l'utilisation de cultures de couverture hivernale dans les champs de pommes de terre (*Solanum tuberosum*), afin de réduire l'érosion du sol et les pertes connexes de carbone et d'azote pendant la fonte des neiges (AAC, 2020d). En ce qui concerne l'agriculture biologique au Canada, la norme canadienne sur la culture biologique (CAN/CGSB-32.310-2020) exige que les producteurs incluent des mesures favorisant la biodiversité, comme l'incorporation d'habitats pour les pollinisateurs ou la faune, ou encore le maintien ou la restauration des zones humides (ONGC, 2020).

La mise en œuvre de pratiques agricoles diversifiées dépend des soutiens financiers et communautaires; ceux-ci permettent de gérer les risques économiques liés à l'adoption de nouvelles méthodes tout en accélérant l'apprentissage. Les aides financières peuvent prendre la forme d'une assurance-récolte, de redevances sur les biens et services écologiques, de programmes de gestion des risques et de subventions gouvernementales (Thiessen Martens *et al.*, 2013). Bon nombre de ces pratiques agricoles ne seront rentables que si le produit est vendu à un prix élevé. Cela reste faisable si l'on a recours à des chaînes d'approvisionnement locales et intégrées, mais pour les produits destinés à l'exportation sur le marché mondial, cette solution pourrait ne pas être économiquement viable. D'autres pratiques, comme des systèmes de redevance pour les biens et services écologiques, ont bien été proposées, mais n'ont pas encore été mises en œuvre. Quant aux soutiens communautaires, ils prennent la forme de groupes d'agriculteurs nationaux, régionaux et locaux qui offrent des programmes et des ressources éducatives, ainsi que des occasions de socialiser et d'échanger sur leurs expériences (voir p. ex. Beach *et al.*, 2018; CBC, s.d.). Le gouvernement du Canada protège les droits de propriété intellectuelle des sélectionneurs de végétaux, en vertu desquels l'enregistrement d'une nouvelle variété confère à l'obteneur des droits exclusifs pour « contrôler la vente, la production, la reproduction, l'importation, l'exportation, le conditionnement ainsi que le stockage de sa variété », ce qui garantit des redevances et encourage les investissements dans le domaine de l'obtention végétale (ISDE, 2021). Les programmes de recherche peuvent conférer des aides financières, ainsi que des occasions de constituer un réseau parmi les producteurs (voir p. ex. POGA, 2021). Par exemple, les projets de sélection participative, soutenus par l'initiative de la famille Bauta sur la sécurité des semences au Canada et par AAC, réunissent des chercheurs universitaires, des organismes de financement et des agriculteurs. Dans le cadre de programmes de sélection, les participants s'emploient à mettre au point des variétés de grandes cultures – blé, avoine, pommes de terre et

maïs – et de légumes adaptées au climat de leur région et aux besoins des exploitations agricoles (Entz *et al.*, 2020; ALÉBIO s.d.).

**Tableau 4.1 Exemples de pratiques qui soutiennent la diversité dans l'agriculture canadienne**

Pratique	Adoption	Recherche en cours
<b>Changement de variété végétale</b>	Largement utilisé	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptation des variétés modernes et patrimoniales à différents systèmes de culture</li> <li>• Programmes de sélection ciblés, y compris pour les variétés biologiques</li> </ul>
<b>Sélection et rotation des cultures</b>	Largement utilisées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sélection ciblée pour l'adaptation locale</li> <li>• Aides à la décision pour le développement des rotations</li> </ul>
<b>Semences d'automne, cultures de couverture et cultures intercalaires</b>	Utilisation variable selon les endroits	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensemencement sous couvert / culture en relais</li> <li>• Double culture</li> <li>• Cultures de couverture autorégénératrices</li> <li>• Cultures de couverture pour la suppression des mauvaises herbes</li> <li>• Culture intercalaire de céréales</li> <li>• Mise en équilibre des cultures commerciales et des cultures de couverture pour optimiser les bénéfices</li> </ul>
<b>Cultures pérennes (p. ex. en rotation, engrais verts, polycultures)</b>	Communes dans les cultures fourragères des prairies canadiennes, les jardins forestiers autochtones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Céréales pérennes à haut rendement (p. ex. l'agropyre)</li> <li>• Développement d'options viables pour les hivers canadiens</li> </ul>
<b>Agroforesterie</b>	Rideaux d'arbres et brise-vent largement utilisés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Écozones tampons</li> <li>• Cultures intercalaires à base d'arbres/cultures en bandes</li> </ul>
<b>Agroécosystèmes</b>	On a couramment recours au pâturage dans les systèmes à base de fourrages pérennes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paysagement agricole (p. ex. gestion des zones riveraines : entretien, établissement, rétablissement)</li> <li>• Intégration des végétaux et du bétail, pâturage</li> </ul>

Source : Thiessen Martens *et al.* (2013); Armstrong *et al.* (2021)

# Risques de gouvernance pour la santé des végétaux

- 5.1 Communication et coordination
- 5.2 Surveillance, suivi et gestion
- 5.3 Mobilisation du public dans la  
gestion des risques phytosanitaires

## Constatations du chapitre

- La communication et la coordination entre les ministères et les organismes gouvernementaux ayant des mandats similaires, mais des priorités différentes, peuvent entraîner des lacunes dans la surveillance et l'introduction de risques phytosanitaires.
- Les réseaux qui relient la recherche et les travaux émanant des universitaires, des gouvernements, des peuples autochtones, des ONG, de l'industrie, des scientifiques citoyens et d'autres acteurs concernés sont essentiels pour déployer avec succès ressources et connaissances afin d'atténuer et de gérer les risques émergents.
- Une expertise insuffisante, un manque de clarté des règlements et une coordination déficiente empêchant une gestion des données efficace constituent autant de défis pour l'adoption et l'application de pratiques prometteuses, comme les nouvelles technologies de surveillance.
- Par ailleurs, on sait que la confiance se gagne en faisant participer le public dès le début du processus décisionnel et en tenant compte des valeurs culturelles et sociales en présence. La mobilisation du public peut ainsi être un outil précieux pour relever les risques phytosanitaires et créer des politiques efficaces.

L'analyse complète du contexte de risque ne peut être effectuée sans prendre en compte les risques de gouvernance associés à la fonction du système de contrôle phytosanitaire lui-même – plus particulièrement, dans ses dimensions sociales et politiques (Mills *et al.*, 2011; Pautasso *et al.*, 2015). Un cadre de gouvernance des risques tient compte d'une variété d'acteurs, de conventions, de processus et de mécanismes pour déterminer comment les informations sont collectées, évaluées, gérées et communiquées, ainsi que la manière dont les décisions sont prises (Aven et Renn, 2010; IRGC, 2019).

Le comité a cerné plusieurs grands domaines de risque dans la gouvernance du système de contrôle phytosanitaire du Canada. Il s'agit notamment des domaines suivants :

- le manque de coordination et de communication entre les acteurs, et le manque de clarté au sein du système;
- les volumes, la célérité et la disponibilité des nouvelles technologies, ainsi que des données, qui sont conçues pour améliorer la surveillance et les risques phytosanitaires;
- les questions de confiance du public dans la science et la gouvernance.

Chacun de ces grands domaines est susceptible d'entraîner ou d'exacerber des risques connus et inconnus. En outre, ces domaines de risque sont souvent liés entre eux. Par exemple, un manque de confiance du public peut conduire à des règlements plus stricts qui ont un impact sur le calendrier d'utilisation des outils accessibles sur le terrain afin de gérer les risques phytosanitaires.

## 5.1 Communication et coordination : Les défis d'un système fédéré

Compte tenu du nombre et de la diversité des acteurs au sein du système de contrôle phytosanitaire (voir section 1.5), la communication croisée et la collaboration sont essentielles à l'échange d'information, à la formulation des intérêts et à l'élaboration, la mise en œuvre et le suivi des politiques. Traitant de l'expérience britannique, Pautasso *et al.* (2012) notent « [qu'] une évolution prometteuse prend la forme de l'interdisciplinarité accrue de la recherche phytosanitaire, ainsi que de l'amélioration de la participation des parties prenantes dans la gestion des maladies des végétaux ». Cependant, même avec l'intégration de telles améliorations, des problèmes persistent et constituent autant de risques pour la santé des végétaux (Pautasso *et al.*, 2012). Le comité estime que cette impression peut se transposer au contexte canadien.

### 5.1.1 Manque de coordination et risque phytosanitaire

Les gouvernements internationaux, ainsi que les organismes et ministères fédéraux du Canada – sans oublier leurs homologues provinciaux et territoriaux et les municipalités – jouent tous un rôle dans la gouvernance du système de contrôle phytosanitaire (voir le tableau 1.2 à titre de rappel). À bien des égards, ces acteurs renforcent le système canadien et contribuent à créer une approche globale, tout en atténuant les lacunes systémiques. Le comité note que, jusqu'à présent, les défaillances catastrophiques du système de contrôle phytosanitaire ont pu dans une large mesure être évitées, ce qui laisse penser qu'il fonctionne de manière générale.

Le système est toutefois de plus en plus confronté à de nouveaux facteurs de stress environnementaux et écologiques plus importants qui posent des défis plus vastes. La multitude d'acteurs peut également poser des défis, notamment les mandats prescrits par la loi poursuivant des objectifs et des priorités concurrents (ou contradictoires), ce qui peut entraîner des omissions potentielles, des services en double ou qui se chevauchent, et des échecs dans la coordination et l'échange de l'information comme de la recherche (ACIA, 2019a; Giovanni *et al.*, 2020). Bien que le comité ait, au mieux de ses capacités, identifié les acteurs pertinents de la gouvernance du système de contrôle phytosanitaire, il existe peu d'information

décrivant comment l'ACIA et les autres acteurs interagissent et se coordonnent. Voilà qui peut suggérer un manque de procédures opérationnelles standard empêchant une stratégie phytosanitaire entièrement coordonnée, comportant des rôles et des responsabilités bien définis. En l'absence de mécanismes efficaces de communication et de coordination sur le plan de la planification, de la gestion et de la surveillance entre les organismes, le Canada pourrait être incapable de reconnaître les risques actuels et émergents pour la santé des végétaux et d'y réagir.

### Il existe une diversité d'intérêts dans le système de contrôle phytosanitaire.

Des paradigmes concurrents – comme ceux décrits au chapitre 1 – et une diversité d'intérêts parmi les acteurs des systèmes de contrôle phytosanitaire internationaux et canadiens font en sorte que, dans certains cas, les objectifs et les priorités sont décalés, ce qui aboutit à des stratégies différentes pour gérer les risques phytosanitaires. En outre, des valeurs différentes peuvent donner lieu à une variété de perspectives sur ce qui peut constituer un risque, sur la tolérance au risque et sur les meilleures pratiques pour y faire face. Chaque stratégie peut en outre accepter des compromis différents. Par exemple, un paradigme privilégiant la productivité à court terme fera peu de cas des mesures visant à promouvoir durabilité et résilience. Le défi consiste donc à trouver des solutions conciliant les multiples fonctions (p. ex. économiques, sociales, culturelles, environnementales) des écosystèmes agricoles et forestiers.

Bien que les politiques canadiennes aient évolué vers ce qui a été décrit comme un paradigme de multifonctionnalité, les valeurs économiques restent généralement dominantes dans la gestion des systèmes agricoles et forestiers (Skogstad, 2012; Messier *et al.*, 2015). En l'absence i) d'une structure de gouvernance avec des rôles, des responsabilités et des procédures opérationnelles clairement définis, et ii) de valeurs clairement énoncées (dans lesquelles les politiques sont ancrées), les conflits entre les objectifs et les priorités peuvent permettre aux risques phytosanitaires d'échapper à la détection ou de ne faire l'objet d'aucune surveillance.

### Les priorités concurrentes entre les obligations internationales et les intérêts nationaux peuvent entraîner des conflits et des risques.

Faisant partie d'un système commercial mondial, le Canada (comme tous les pays) doit trouver un équilibre entre obligations internationales et intérêts économiques nationaux, sécurité publique et protection écologique. Toutefois, au sein des cadres phytosanitaires existants à l'échelle internationale, un manque de communication et des directives nébuleuses ou difficiles à mettre en œuvre peuvent entraîner des risques phytosanitaires ou les exacerber (MacLeod *et al.*, 2010). Par exemple, le

manque de ressources dans certains pays est susceptible d'empêcher la communication des risques potentiels ou la mise en œuvre de systèmes adéquats de quarantaine ou d'évaluation des risques, ouvrant ainsi la porte à la propagation des phytoravageurs ou aux maladies des végétaux (MacLeod *et al.*, 2010; Ristaino *et al.*, 2021). En outre, si l'objectif d'un traité comme la *Convention internationale pour la protection des végétaux* (CIPV) (voir le tableau 1.3 à titre de rappel) est d'harmoniser les objectifs et les règles régissant la santé des végétaux entre les nations, il reste difficile de s'entendre sur les objectifs comme sur les priorités, et de coordonner l'ensemble (Shine, 2007). Les différentes nations peuvent en effet avoir des points de vue divergents sur l'équilibre approprié entre les règles commerciales et la protection de l'environnement, ou entre les engagements internationaux et les préoccupations nationales (MacLeod *et al.*, 2010; Maye *et al.*, 2012). Bien que les traités et accords existants soient basés sur un consensus international, ils garantissent également que les gouvernements nationaux conservent le droit de mettre en œuvre des mesures dans l'intérêt de la protection de leurs propres citoyens et milieux environnementaux contre l'importation d'organismes nuisibles (MacLeod *et al.*, 2010). Toutefois, même en vertu de ce droit, l'*Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires* (Accord sur l'application des mesures SPS) exige que ces mesures de protection soient fondées sur des données scientifiques, et qu'elles soient les moins restrictives possible pour le commerce (OMC, 1995).

Or, il n'est pas rare que des conflits surviennent entre les objectifs de protection et les objectifs commerciaux, sans parler de ce qui est décrit comme « la formulation vague » de l'Accord sur l'application des mesures SPS. Voilà qui crée des situations opposant les intérêts nationaux à la coopération internationale (Anderson *et al.*, 2001). À ce jour, il n'existe aucun mécanisme permettant de concilier parfaitement les risques phytosanitaires et les obligations internationales. En outre, malgré les règles et les accords internationaux, les questions phytosanitaires et leurs répercussions commerciales peuvent servir de paravent à des enjeux géopolitiques n'ayant aucun rapport, ce qui fait que les producteurs comme les consommateurs sont soumis à des enjeux politiques qui influent sur l'environnement entourant les importations et des exportations. On pense ainsi que de tels enjeux ont eu une influence sur les exportations de canola du Canada vers la Chine (Wang et Leblond, 2019; Conseil canadien du canola, 2020).

Pour protéger la santé des végétaux, ainsi que le commerce international, il a été suggéré par les Tables sectorielles de stratégie économique du Canada et d'autres parties que le Canada joue un rôle plus actif dans les organismes internationaux de normalisation (ISDE, 2018; ACIA, 2019a). Un investissement de ressources dans ces instances afin de poursuivre l'élaboration de normes fondées sur la science, ainsi qu'un financement visant à accroître la participation des organismes canadiens et à promouvoir leur leadership, pourraient améliorer les relations



commerciales du Canada et susciter d'autres occasions de promouvoir l'adhésion à des cadres réglementaires fondés sur la science (ISDE, 2018; ACIA, 2019a).

### Des objectifs et des priorités contradictoires au sein de la structure de gouvernance peuvent entraîner des conflits et des failles dans la surveillance.

Au sein du système de gouvernance phytosanitaire du Canada, certains ministères et organismes ont des mandats similaires mais des priorités différentes : voilà qui peut entraîner des zones d'ombre ouvrant la porte à des lacunes dans la surveillance et à l'introduction de risques phytosanitaires. C'est le cas, par exemple, de la surveillance et de la gestion des risques de biosécurité aux frontières internationales – une responsabilité partagée entre l'ACIA et l'Agence des services frontaliers du Canada (ASFC) (encadré 5.1). Bien que les deux organismes fédéraux jouent un rôle essentiel dans la protection de la santé des végétaux, les ressources limitées (personnel, budget) et les différentes priorités ministérielles (biosécurité par rapport à un mandat de sécurité plus large) ont créé des lacunes en matière de contrôle et de surveillance, augmentant ainsi le risque d'introduction d'espèces envahissantes au Canada (BVG, 2008; ACIA, 2015).

#### Encadré 5.1 Responsabilités partagées entre l'ACIA et l'ASFC

Depuis la signature d'un protocole d'entente en 2005, l'ACIA collabore avec l'ASFC pour réglementer l'entrée des produits aux frontières et dans les ports (BVG, 2008). L'ACIA n'a pas de personnel présent à la frontière, mais compte plutôt sur l'ASFC « pour reconnaître les menaces potentielles pour les ressources végétales canadiennes et en prévenir l'entrée au pays » (ACIA, 2015). En retour, la première fournit à la deuxième un soutien en matière de formation et sur les aspects techniques nécessaires pour réaliser les objectifs de l'ACIA (ACIA, 2015). Bien que l'objectif de ce partenariat soit l'échange d'information, un examen effectué en 2008 par le Bureau du vérificateur général du Canada (BVG) a révélé un manque de coordination et de communication entre les deux agences. Par conséquent, la capacité de l'ACIA à assurer le suivi des organismes nuisibles et à se conformer à son mandat s'en trouve limitée. L'examen a de plus révélé que l'ASFC donnait régulièrement priorité à la certification des exportations au détriment des importations afin d'éviter les retards à la frontière, ce qui augmente le risque d'introduction d'organismes nuisibles par le biais des produits importés (BVG, 2008).

(Continue)

(a continué)

Bien que le rapport du BVG de 2008 ait débouché sur un engagement de l'ACIA et de l'ASFC à améliorer la communication entre elles, un examen interne de 2015 du Programme de protection des végétaux de l'ACIA a révélé des problèmes persistants, notamment des préoccupations exprimées par des informateurs de l'ACIA selon lesquelles l'ASFC, dans sa surveillance des frontières, « accorde moins d'importance à la protection des végétaux qu'à la réglementation sur les drogues, les armes à feu et autres marchandises de ce genre » (ACIA, 2015). Il a été recommandé de procéder à un examen de la relation entre l'ACIA et l'ASFC pour « optimiser les options de prestation du Programme » (ACIA, 2015). Depuis 2015, aucune autre mise à jour sur les relations entre les deux agences n'a été publiée.

Les valeurs et les priorités différentes des nombreux acteurs du système de contrôle phytosanitaire peuvent s'avérer problématiques, tant pour définir le risque que pour déterminer les méthodes ou les efforts à déployer pour le gérer. Par exemple, si les producteurs agricoles et les groupes d'intérêt environnementaux accordent tous deux de l'importance à la durabilité environnementale et à la biodiversité, leurs priorités et leur tolérance au risque peuvent varier. Ainsi, si l'on regarde du côté de l'utilisation et de la gestion des pesticides, les producteurs et les associations commerciales sont plus enclins à privilégier l'accès aux outils nécessaires pour gérer leurs cultures et rester compétitifs en termes de production, ce qui les rend plus tolérants à l'égard de l'utilisation de ces substances et des répercussions potentielles. À l'inverse, les ONG environnementales, les intervenants autochtones et d'autres acteurs tendent à prioriser une réglementation stricte des pesticides, considérant que ces derniers constituent en eux-mêmes le risque principal pour la santé des végétaux. Bien entendu, de nombreuses nuances existent au sein de ce continuum. Compte tenu de la pluralité des points de vue des acteurs du système de contrôle phytosanitaire, il est important que des ministères et organismes comme AAC, le SCF et l'ACIA trouvent des moyens de rendre explicites les valeurs qui sous-tendent leurs politiques, ainsi que les tensions et les risques qui peuvent découler de leurs énoncés de priorité – que ceux-ci soient motivés par des considérations économiques, environnementales ou sécuritaires. Cette transparence est particulièrement vitale dans le contexte actuel, où les politiques liées à la production alimentaire et à l'environnement sont scrutées à la loupe par le public, et où les paradigmes existants sont remis en question par des critiques intéressés à la fois par de nouveaux objectifs politiques et par des instances de prise de décision renouvelées (Skogstad, 2012).

## Il existe des risques de double emploi et un manque de clarté dans le système de gouvernance phytosanitaire.

On retrouve un chevauchement important des rôles au sein des divers ordres de gouvernement au Canada. La protection de l'environnement, par exemple, relève à la fois de la compétence du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux ou territoriaux. De ce fait, une même question peut concerner plusieurs décideurs. Prenons, par exemple, l'industrie forestière et ses produits connexes. Comme nous l'avons mentionné à la section 1.5, les gouvernements provinciaux et territoriaux contrôlent pour l'essentiel les ressources forestières, mais le gouvernement fédéral conserve la compétence sur les questions liées au commerce international (GC, 2012). Pour ajouter à cette complexité, les provinces et les territoires louent souvent des forêts publiques à des entreprises privées, accordant à ces dernières le droit de les administrer pendant de longues périodes (Haley et Nelson, 2007).

Les questions transversales relevant de l'ACIA et d'autres ministères et organismes offrent bien des possibilités de coopération, mais elles peuvent aussi entraîner un chevauchement des tâches, ce qui se traduit par un gaspillage de temps et de ressources (ACIA, 2019a). Un examen réglementaire ciblé des secteurs de l'agroalimentaire et de l'aquaculture au Canada – mené en 2019 et impliquant plusieurs agences fédérales concernées (dont l'ACIA) – a cité des cas illustrant ces questions, et a indiqué la nécessité d'une « réglementation claire, agile et réceptive » (ACIA, 2019a). L'examen a révélé que, même si le système de réglementation canadien est généralement bien respecté, qu'il repose sur des bases scientifiques fiables et qu'il tient compte des normes de sécurité, il serait tout de même possible de le simplifier pour favoriser la croissance et l'innovation dans un certain nombre de domaines – notamment la réglementation des nouveaux produits ayant un impact sur la santé des végétaux, comme les pesticides (ACIA, 2019a).

Certains producteurs agricoles, groupes de producteurs et associations commerciales ont commenté les délais d'évaluation et d'autorisation préalables à la mise en marché des innovations au Canada en matière d'aliments pour animaux, de semences, d'engrais et de plantes à caractères nouveaux. Ils ont décrit ceux-ci comme étant lents et ne servant pas adéquatement les besoins de l'industrie (ACIA, 2019a). Bien que de telles inefficacités aient été citées comme un facteur limitant la compétitivité canadienne sur le marché agricole mondial (ISDE, 2018; ACIA, 2019a), elles peuvent également avoir des répercussions sur la santé des végétaux – par exemple, lorsque des innovations susceptibles de conférer une protection contre de nouveaux phytoravageurs sont indisponibles, car retardées par le processus réglementaire.

Ainsi, certaines des inefficacités du processus réglementaire lié aux pesticides ont été attribuées au fait que Santé Canada et l'ACIA se partagent la compétence dans ce domaine (ACIA, 2019a). En tant qu'organisme responsable de la réglementation des

pesticides, la priorité absolue de Santé Canada reste la santé et la sécurité publiques. Bien que le Ministère ait proposé des changements réglementaires, il demeure impératif que tout changement soit examiné en fonction des risques potentiels pour la santé humaine et environnementale. Le défi de la création d'un système efficace de réglementation des pesticides consiste à trouver un équilibre entre, d'une part, l'accès en temps voulu à de nouveaux outils et produits (de manière à permettre aux producteurs de gérer les risques phytosanitaires) et, d'autre part, la protection continue de la sécurité du public et d'autres considérations parallèles (notamment, la durabilité environnementale et la protection de la biodiversité). Cet équilibre à trouver entre des intérêts contradictoires peut conduire à des décisions qui ne satisfont pleinement aucune des parties, comme dans le cas de l'interdiction partielle des néonicotinoïdes (encadré 5.2). Même en gardant ces conflits à l'esprit, les acteurs et les organismes de réglementation s'accordent à dire que certains aspects du système actuel d'évaluation des pesticides – notamment la déclaration des incidents, les exigences en matière d'étiquetage, l'autorisation des produits pesticides non homologués et le processus de réévaluation – sont des domaines prioritaires à améliorer (ACIA, 2019a).

### Encadré 5.2 La réglementation des néonicotinoïdes



L'utilisation des néonicotinoïdes est une question controversée chez les producteurs agricoles, les groupes environnementaux et les associations d'apiculteurs. Ces pesticides protègent les cultures contre les insectes, mais peuvent également être nocifs pour la santé des pollinisateurs, notamment des abeilles domestiques (Singla et al., 2020). En

réponse à ces préoccupations, le Canada a proscrié l'épandage de trois néonicotinoïdes (imidaclopride, thiaméthoxame et clothianidine) sur les arbres fruitiers, les fleurs et autres plantes qui attirent les abeilles (SC, 2020). Les régulateurs n'ont toutefois pas mis en place une interdiction totale, permettant ainsi l'utilisation continue des graines de colza et de céréales enrobées de néonicotinoïdes (Ballingall, 2019). Certaines provinces ont également mis en place des restrictions supplémentaires. Ainsi, en Ontario, l'utilisation des néonicotinoïdes est limitée aux semences de maïs et de soja (Gouv. de l'Ont., 2020a), tandis qu'au Québec, les agriculteurs doivent obtenir des agronomes une autorisation et une prescription pour acheter et utiliser des néonicotinoïdes, ou encore des semences traitées à l'aide de ces substances (Gouv. du Qc, s.d.-b).

## Les questions de champs de compétence peuvent être source de confusion et présenter des risques pour la santé des végétaux.

Le système de gouvernance du Canada, au sein duquel chaque territoire de compétence (fédéral, provincial, territorial, municipal) a ses propres rôles et pouvoirs, peut donner lieu à un ensemble de politiques disparates et incohérentes. Bien que ce système soit conçu intentionnellement pour délimiter et déléguer les pouvoirs, il peut se révéler problématique dans le cas de certaines questions phytosanitaires qui défient l'organisation des autorités compétentes, comme le contrôle des espèces envahissantes. En effet, on ne saurait s'attendre de celles-ci qu'elles respectent les frontières, qu'elles soient internationales ou interprovinciales. À l'échelle internationale, la coopération en matière de surveillance des frontières se révèle limitée.

Toutefois, le projet IR-4, une initiative américaine, prévoit la collaboration avec AAC et ses représentants provinciaux (ainsi qu'avec leurs homologues américains) pour protéger les cultures spécialisées par la gestion et l'atténuation des phytoravageurs d'intérêt commun (The IR-4 Project, s.d.-a, s.d.-b). Au Canada, les espèces envahissantes sont gérées par plusieurs acteurs. Bien que les SCF concentrent leurs efforts sur les espèces forestières envahissantes, le pouvoir de ce ministère est limité puisque les provinces et les territoires sont principalement responsables de la gestion des forêts. De plus, certaines provinces, certains territoires et certaines municipalités ont voté leurs propres lois ou règlements sur les espèces envahissantes, les pouvoirs municipaux étant en partie encadrés par la province ou le territoire (ISC, 2021a). Ainsi, la *Loi de 2015 sur les espèces envahissantes* de l'Ontario encadre la prévention et la gestion de 20 espèces envahissantes reconnues dans cette province, tandis que la *Loi de 2001 sur les municipalités* encadre et régleme les compétences de l'Ontario et de ses municipalités, ce qui inclut les parcs publics, les bords de route et autres espaces qui peuvent être touchés par une espèce non indigène quelconque (ISC, 2021a). Bien que cette approche permette de cibler diverses régions, sans efforts concertés pour gérer et échanger de manière exhaustive les informations pertinentes, elle risque de créer ou de faire perdurer des lacunes dans les connaissances portant sur l'identification et la gestion des espèces envahissantes.

La coordination peut également être mise à mal par l'évolution des priorités politiques. Comme les gouvernements changent potentiellement au fil des cycles électoraux, les organismes gouvernementaux peuvent peiner à maintenir des approches cohérentes. Or, la coordination revêt une importance particulière dans des questions comme les changements climatiques, qui ont une large portée et dont les correctifs nécessitent une planification intensive et bien en amont. Par exemple, bien qu'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) soit le chef de file fédéral en matière de changements climatiques, la question est

suffisamment vaste pour avoir des répercussions sur plusieurs ministères et organismes, nécessitant donc des niveaux élevés de leadership et de coordination (BVG, 2017). Un rapport du BVG (2017) a constaté qu'ECCC n'avait jusqu'alors « pas mis des ressources et des outils adéquats à la disposition des autres ministères et organismes pour les aider à évaluer les risques climatiques et à prendre des mesures d'adaptation ». Le Ministère n'avait notamment pas réussi à transmettre ses ressources et ses informations relatives aux pratiques prometteuses pour améliorer la prise de décision et la planification dans l'ensemble du gouvernement. Il a également été noté dans ce rapport qu'un portail centralisé comportant des ressources (p. ex. données sur les changements climatiques) et des outils (p. ex. matériel de formation) faciliterait l'échange d'information, d'expertise et de pratiques prometteuses. Dans son évaluation des autres ministères et organismes, le BVG a constaté que, bien que RNCan ait effectué une évaluation complète des risques liés aux changements climatiques (c.-à-d. que le Ministère avait incorporé les risques reconnus et les stratégies d'adaptation dans ses programmes et activités), d'autres ministères concernés par la protection de la santé des végétaux du Canada – notamment AAC, l'ACIA et Parcs Canada – ne l'avaient pas fait. Selon le BVG, « cette constatation est importante parce qu'il est difficile de gérer correctement les risques liés aux changements climatiques sans une bonne compréhension de ceux-ci » (BVG, 2017).

Les protocoles d'entente peuvent également contribuer à clarifier les rôles comme les responsabilités et à favoriser la collaboration entre les ministères et organismes fédéraux, ainsi qu'entre les ordres de gouvernement. Par exemple, il existe des protocoles d'entente entre l'ACIA et l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) concernant la réglementation des produits pour lutter contre les phytoravageurs, et entre l'ACIA et l'ASFC sur les questions de sécurité frontalière (voir l'encadré 5.1 à titre de rappel).

### La collaboration permet de se préparer aux risques futurs.

La collaboration entre les acteurs et entre les secteurs peut contribuer à prévoir les risques phytosanitaires futurs, à les gérer, à y réagir et à s'y adapter – même ceux qui peuvent résulter d'événements catastrophiques. Par exemple, en raison de la COVID-19, les problèmes structurels du système alimentaire ont été révélés au grand jour en 2020, y compris les lacunes associées aux défaillances sur le plan de la collaboration et de la coordination (Blay-Palmer *et al.*, 2021). Selon Blay-Palmer *et al.* (2021), la COVID-19 a permis de mettre en évidence l'importance de la planification et de la préparation multi-acteurs afin de renforcer la résilience du système, ainsi que de la mise au point d'outils quantitatifs et qualitatifs pour mesurer les progrès réalisés en la matière.

La réalisation d'exercices réguliers pour mettre à l'épreuve le système de gouvernance phytosanitaire existant peut être un moyen de se préparer à de futures catastrophes et de s'en prémunir. Ainsi, des procédures de tests et de réponses aux risques sont déjà régulièrement menées dans l'ensemble du système de santé animale. On constate notamment que, sur la base des réponses historiques aux événements sanitaires touchant les animaux (p. ex. l'encéphalopathie spongiforme bovine, la grippe aviaire), l'ACIA a élaboré des structures d'intervention en cas d'urgence qui font régulièrement l'objet de tests de résistance (ACIA, 2021). À l'heure actuelle, la peste porcine africaine (PPA), une maladie qui sévit dans diverses régions du monde, suscite de vives inquiétudes en raison de ses répercussions possibles sur l'industrie du porc au Canada. Pour se préparer à l'introduction éventuelle de la PPA au Canada, l'ACIA organise une formation qui comprend des séminaires et des cours sur la détection de la maladie à l'intention de son personnel et des vétérinaires privés. Parallèlement, l'Agence s'emploie à identifier des partenaires et à établir des lignes directrices pour cibler toutes les phases d'une introduction potentielle – de la mise en œuvre de mesures de biosécurité à la communication publique, en passant par la gestion des données. L'ACIA a établi et exécuté divers scénarios d'action qui mettent à l'épreuve sa réponse en fonction de plusieurs issues possibles, notamment la détection de la peste porcine africaine dans les fermes canadiennes, dans les populations sauvages au Canada, dans les fermes américaines et dans d'autres endroits dans le monde. Chaque scénario prévoit les défis, les incidences et les réponses possibles (ACIA, 2021). Rien n'indique que des exercices de préparation ou des tests de résistance de ce genre sont actuellement menés par les organismes homologues dans le domaine de la santé des végétaux, mais l'exemple précité portant sur la santé animale peut fournir un cadre pertinent à prendre en considération.

Bien que les tests de résistance pratiqués dans le domaine de la santé animale ne soient pas actuellement implantés à la même échelle pour la santé des végétaux, l'ACIA a, par le passé, réagi avec succès à des incidents de moindre envergure grâce à des ententes et à des mesures de collaboration entre différentes administrations. C'est notamment ce qui s'est produit en 2020, lorsque la galle verruqueuse de la pomme de terre (*Synchytrium endobioticum*) a été détectée à l'Île-du-Prince-Édouard (encadré 5.3).

### Encadré 5.3 La galle verruqueuse de la pomme de terre à l'Île-du-Prince-Édouard

En 2020, la présence de la galle verruqueuse de la pomme de terre – une maladie fongique qui rend les tubercules non comestibles et peut avoir des répercussions à long terme sur la santé du sol (Franc, 2007) – a été détectée dans une ferme de l'Île-du-Prince-Édouard (Spud Smart, 2020). Agissant rapidement, l'ACIA, en collaboration avec les autorités provinciales et les partenaires de l'industrie, a imposé des mesures de quarantaine, instauré une surveillance et contrôlé le mouvement de tous les produits et matériaux connexes (p. ex. matériel agricole, sol).



En outre, en collaboration avec les agences d'inspection du département de l'Agriculture des États-Unis (USDA), les exportations de pommes de terre de semence vers les États-Unis ont été immédiatement interrompues (Spud Smart, 2020).

Cette réponse rapide des divers organismes et administrations a été attribuée au plan de gestion à long terme de la galle verruqueuse de la pomme de terre, qui a été établi par le Canada en réponse à la détection de cette maladie à l'Île-du-Prince-Édouard en 2000. Cet incident antérieur a en effet causé l'interruption du commerce entre le Canada et les États-Unis et entraîné la perte de 22 millions de dollars de ventes pour les agriculteurs de l'Île-du-Prince-Édouard (CBC News, 2021).

#### 5.1.2 Défis de communication entre les acteurs du système de contrôle phytosanitaire

Il y a échec de la communication lorsque l'expertise, les connaissances et les données pertinentes ne sont pas prises en compte ou communiquées par ceux qui ont un rôle à jouer dans la protection phytosanitaire, ou lorsque les ministères et organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux concernés, les communautés autochtones ou d'autres acteurs clés sont totalement exclus des processus de réglementation et de prise de décision.

En raison des problèmes découlant de l'organisation des compétences au Canada, il est particulièrement important que la communication entre les différentes



autorités soit considérée comme une protection contre les risques phytosanitaires potentiels. C'est ainsi que dans le domaine de la foresterie, le Conseil canadien des ministres des forêts (CCMF) a été créé au départ pour favoriser le dialogue entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux (CCMF, 2015). Le CCMF a toutefois noté que le succès dans l'établissement de forêts prospères, saines et résilientes, appuyant tout un ensemble de services écosystémiques, dépendra de la collaboration entre un plus grand nombre d'acteurs, notamment les peuples autochtones, le secteur forestier, les ONG, les universités et les membres individuels du grand public (CCMF, 2019b).

### L'absence de communication des recherches émergentes constitue un risque pour la santé des végétaux.

Parmi les risques les plus importants relevés par les chercheurs internationaux en santé des végétaux – y compris les scientifiques du Canada – figure l'existence de silos d'information produits par différents acteurs qui n'échangent pas entre eux ou dont les travaux ne se pas diffusés, en l'absence un réseau d'information partagé (B. Gibbs, communication personnelle, 2020; Giovani *et al.*, 2020). Il faut savoir que rassembler toutes les informations pertinentes relatives à une espèce envahissante particulière, par exemple, peut se révéler une tâche difficile. En effet, les travaux ne sont pas toujours communiqués entre tous les acteurs, ou encore soumis à d'autres experts actifs dans des domaines connexes (p. ex. malherbologistes et écologistes). Ce manque de communication ou de réseaux de recherche partagés entraîne la répétition des travaux, l'absence d'une approche globale et la mauvaise gestion des fonds de recherche déjà rares (Giovani *et al.*, 2020). Pourtant, en l'absence de collaboration, de communication et de réseaux permettant de relier les recherches comme les travaux des universitaires, des gouvernements, des ONG, de l'industrie, des peuples autochtones et d'autres acteurs, les systèmes nationaux de contrôle phytosanitaire (comme celui du Canada) risquent ne pas bénéficier de toutes les ressources et connaissances existantes pour gérer et atténuer les risques potentiels à mesure qu'ils se présentent (Giovani *et al.*, 2020).

Des réseaux de collaboration visant à préserver la santé des végétaux ont déjà été mis en place au niveau national dans certains pays, comme la Nouvelle-Zélande (B3, 2020). Better Border Biosecurity (B3) est un système reliant les chercheurs, l'industrie et le gouvernement afin de produire et de mettre en œuvre les meilleures données scientifiques et outils technologiques pour protéger les systèmes végétaux de la Nouvelle-Zélande. Le B3 est conçu pour partager les investissements et l'expertise entre les secteurs afin de favoriser le flux d'informations et de promouvoir une gouvernance efficace (B3, 2020). En tant que nation insulaire, la Nouvelle-Zélande a un avantage géographique sur le Canada lorsqu'il s'agit de protéger la santé des végétaux contre les espèces envahissantes.

Cependant, le leadership et l'initiative dont elle fait preuve dans le domaine de la recherche et de la protection phytosanitaire peuvent quand même inspirer au Canada un cadre potentiel de collaboration et de pratiques prometteuses.

Des chercheurs internationaux ont également noté qu'un réseau mondial de recherche phytosanitaire pourrait mettre en phase les programmes de recherche et stimuler les travaux scientifiques qui alimentent les activités phytosanitaires – un avantage potentiel pour tous les acteurs du système, mais surtout pour les décideurs politiques (Giovani *et al.*, 2020). En outre, comme l'ont noté Ristaino *et al.* (2021), la création d'un système coordonné et mondial d'échange de données, de suivi et de notification des maladies pourrait non seulement aider à identifier et à contrôler les maladies végétales émergentes, mais aussi servir les intérêts de la sécurité alimentaire mondiale. Au Canada, la gestion des risques pour la santé animale, notamment par le biais du Système canadien de surveillance de la santé animale (SCSSA), offre un modèle de partage de la recherche et de création de réseaux qui pourrait être utile pour améliorer la coordination entre les acteurs du système de contrôle phytosanitaire du Canada (encadré 5.4).

#### Encadré 5.4 Santé animale au Canada – Un modèle de coordination de la recherche

Créé en 2015, le SCSSA est un réseau permettant le partage des informations de surveillance et des initiatives liées à la santé animale partout au Canada (SCSSA, 2020c). Son objectif est de fournir une approche intégrée et collaborative, capable de réactivité, et de favoriser une communication ouverte dans l'ensemble du système de santé animale (SCSSA, 2020a). Le SCSSA compte sur la participation des gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux (y compris des représentants des secteurs stratégiques liés à l'agriculture, à la santé animale, à l'environnement et à la santé publique), de l'industrie, des associations de vétérinaires et de leurs membres, ainsi que d'autres personnes et groupes concernés par la santé et la surveillance des animaux (SCSSA, 2020a). Son travail est organisé et divisé par thème (p. ex. réseau de maladies à transmission vectorielle, surveillance régionale) et type d'animal (p. ex. réseau bovin, réseau équin) (SCSSA, 2020c). Chaque réseau primaire met en commun des informations et des pratiques prometteuses lors de réunions et d'événements, y compris des tables rondes pancanadiennes. En outre, les informations sont échangées entre les réseaux lorsque cela est nécessaire ou pertinent.

(Continue)

(a continué)

Le SCSSA utilise les données et analyses les plus récentes pour rester informé des menaces potentielles. Les données à jour sont mises à la disposition du public en ligne par le biais de rapports de renseignement hebdomadaires qui détaillent les épidémies mondiales, les alertes et les initiatives de surveillance (SCSSA, 2020b). À l’opposé, une recherche sur le site Web de l’ACIA effectuée en juin 2021 a révélé un manque de rapports en temps réel. De plus, les paramètres et indicateurs communiqués en ligne ne sont pas à jour, les rapports d’enquête sur la protection des végétaux les plus récemment publiés remontant à trois ans (voir p. ex. ACIA, 2019d).

Pour tirer parti du potentiel de la recherche au Canada, le gouvernement fédéral a cerné la mobilisation du réseau national d’information sur la santé des végétaux émergeant comme un outil potentiel de collaboration, d’échange de données et de planification entre les principaux partenaires (ACIA, 2019c). En outre, le Conseil canadien de la santé des végétaux (2019) a identifié trois priorités dans son plan de travail :

- **Surveillance** – Élaborer un processus annuel pour harmoniser les plans, les priorités et les protocoles de surveillance, puis communiquer les résultats partout au Canada.
- **Biosécurité** – Évaluer l’adoption des outils et programmes de biosécurité dans une optique d’amélioration et promouvoir la sensibilisation à cet égard.
- **Intervention d’urgence** – Identifier les contacts clés et établir un plan de communication multipartenaires pour une intervention en cas d’urgence rapide et efficace.

Les trois priorités expriment l’urgence la plus pressante chez les partenaires clés, soit la nécessité de procédures opérationnelles normalisées entre les organismes et autorités concernés, qui mettent l’accent sur la coordination – de la surveillance, de la planification, de la réponse et de l’évaluation (Conseil canadien de la santé des végétaux, 2019).

En novembre 2019, le Conseil avait progressé dans sa prise de contact avec les praticiens de la surveillance au Canada pour identifier les domaines potentiels de coordination, ainsi que trois organismes nuisibles devant faire l’objet d’une action ciblée : la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*); l’amarante (*Amaranthus* sp.); et la hernie des crucifères (Conseil canadien de la santé végétale, 2020). Le Conseil a également effectué une analyse de la biosécurité afin de déterminer le type et l’emplacement des programmes existants, en plus de passer en revue les

programmes d'intervention en cas d'urgence déjà en place, pour relever des exemples de réussite. Parallèlement, de multiples webinaires ont été organisés avec les acteurs concernés, notamment des membres de l'industrie, des universités et des groupes de travail gouvernementaux. En mars 2020, l'élan s'est toutefois brisé lorsque le Conseil a suspendu ses activités pour permettre à ses membres de composer avec les conséquences de la pandémie de COVID-19. Les activités ont quand même repris en octobre 2020, et le plan de travail du Conseil a été prolongé d'une année supplémentaire (Conseil canadien de la santé des végétaux, 2020). À ce jour, le travail effectué par le Conseil représente l'un des efforts les plus coordonnés et les plus approfondis en matière de surveillance et de coordination phytosanitaires à l'échelle pancanadienne.

## 5.2 Surveillance, suivi et gestion : Les avantages et les défis de l'innovation

Les technologies émergentes recèlent un potentiel encourageant pour faire face à tout un ensemble de risques phytosanitaires, notamment sur le plan de la détection précoce et de la gestion précise des risques. En effet, des technologies comme l'analyse de données, la télédétection ou l'agriculture et la sylviculture de précision sont à même de conférer des avantages pour gérer les défis environnementaux et écologiques, y compris ceux liés aux incidences des changements climatiques (Wolfert *et al.*, 2017; Newman et Fraser, 2021; Ristaino *et al.*, 2021). Toutefois, même si ces outils et stratégies comportent des avantages potentiels, plusieurs défis empêchent leur adoption généralisée dans tous les secteurs au Canada. Parmi ces défis, citons le manque d'expertise pertinente en matière de mégadonnées et d'analytique pour employer efficacement les technologies émergentes (Steele, 2015), ainsi que l'absence d'initiatives politiques pour assurer leur accessibilité à grande échelle pour une variété de producteurs (Bronson, 2018).

Notons également que l'innovation elle-même peut susciter des risques, à la fois prévisibles et imprévisibles (Stilgoe *et al.*, 2013; Barrett et Rose, 2020). Par exemple, le coût de l'adoption de l'agriculture de précision pourrait constituer un obstacle important susceptible d'exacerber les inégalités existantes (Bronson et Knezevic, 2016; Rose *et al.*, 2016). Comme en font état Barrett et Rose (2020), « les progrès technologiques peuvent favoriser les acteurs déjà en position dominante, comme les grandes entreprises agricoles, par rapport aux petites exploitations familiales qui ne disposent pas d'autant de moyens pour investir dans les nouvelles technologies ». La révolution technologique en agriculture risque d'encourager la consolidation des terres agricoles, ce qui peut contribuer à d'autres risques socio-économiques et écologiques liés à la santé des végétaux, comme un intérêt réduit pour l'amélioration écologique des exploitations (Rotz *et al.*, 2017).

Cependant, les outils technologiques peuvent également être utiles pour amortir les impacts comme les risques écologiques. Dans certains cas, l'utilisation des biotechnologies a même permis de réduire l'utilisation des pesticides (Zilberman *et al.*, 2018; Brookes et Barfoot, 2020), et le recours à des outils numériques pour surveiller et identifier les phytoravageurs peut aider à l'application plus ciblée de pesticides en plus faibles quantités (Cornell University Cooperative Extension et PES, s.d.). Les biotechnologies peuvent également donner lieu à une plus grande productivité sur de plus petites parcelles de terre, réduisant du même coup les émissions de carbone ainsi que l'empreinte environnementale globale de l'agriculture (Zilberman *et al.*, 2018). Comme l'ont noté Zilberman *et al.* (2018), « la biotechnologie agricole est diverse, ses nombreuses applications ayant des incidences potentielles différentes. Il faut donc équilibrer les avantages et les risques pour chaque application ».

### 5.2.1 Utilisation des données dans l'identification et la gestion des risques phytosanitaires

Les mégadonnées<sup>12</sup> et les techniques informatiques sophistiquées pour les exploiter fournissent un certain nombre d'applications pertinentes pour la santé des végétaux, notamment par leur contribution à la reconnaissance rapide des risques, aux systèmes d'alerte et à la surveillance. L'un des outils émergents – l'aménagement forestier durable (AFD) – porte sur l'utilisation des mégadonnées pour appuyer la foresterie de précision. Si la foresterie de précision n'en est qu'à ses balbutiements, l'AFD pourrait à terme contribuer à maintenir la productivité des terres, et potentiellement, à atténuer les effets néfastes des changements climatiques (Mansuy, 2016). Bien que la foresterie de précision ait le potentiel d'améliorer la gestion des risques dans les forêts, son utilisation au Canada a été limitée jusqu'à présent, et elle n'a pas changé de façon notable la façon dont les forêts du pays sont gérées.

En revanche, l'agriculture de précision est quant à elle plus largement utilisée, les données collectées rendant possibles la détection précoce des phytoravageurs, la différenciation entre les maladies, l'identification des agents pathogènes et l'évaluation de la gravité d'une infestation (Mahlein, 2016). Dans le contexte de la crise de la COVID-19, AAC utilise ainsi des données géospatiales pour surveiller les sécheresses, mesurer l'inventaire des récoltes et suivre la main-d'œuvre saisonnière dans tout le Canada (Ashton et Giroux, 2020; AAC, 2021a). Manifestant ainsi son soutien à l'adoption continue de l'agriculture de précision, le gouvernement du Canada a investi 25 millions de dollars en 2017 dans les

12 *Mégadonnées* « est un terme qui englobe l'utilisation de techniques pour saisir, traiter, analyser et visualiser des ensembles de données potentiellement volumineux, qui sont hors de portée des TI standard » (Thomas, 2017). Il s'agit généralement d'accéder à de grandes quantités d'informations numériques, permettant ainsi de faire progresser la science et de soutenir la gestion des ressources naturelles en utilisant des approches à forte intensité de données (Hampton *et al.*, 2013).

technologies agricoles, y compris les méthodes d'agriculture de précision, qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre (AAC, 2018b).

### Les défis liés à la gestion et à l'utilisation des mégadonnées empêchent leur pleine intégration dans la reconnaissance et l'atténuation des risques.

Il faudra d'abord relever plusieurs grands défis intersectoriels associés à l'utilisation des mégadonnées avant que certaines technologies puissent être pleinement intégrées au système de contrôle phytosanitaire. Il s'agit notamment de :

- **L'acquisition, du traitement, de l'intégration et du stockage inadéquats des données** – Un défi à la fois technique et économique pour de nombreux acteurs (notamment les propriétaires fonciers individuels, les entreprises privées et le secteur public), la gestion des données nécessite en effet un investissement à la fois dans la puissance de calcul et les données elles-mêmes, ainsi qu'en expertise informatique. Or, le volume de données existant excède dans de nombreux cas la capacité de stockage et des méthodes d'intégration (Kaisler *et al.*, 2013; Mansuy, 2016).
- **Préoccupations liées à la sécurité et à la propriété des données** – Des préoccupations non résolues demeurent entourant la propriété et la sécurité des données, notamment chez les agriculteurs (Clapp et Ruder, 2020). Si les données d'un agriculteur individuel peuvent avoir une valeur limitée, elles deviennent une ressource précieuse lorsqu'elles sont regroupées avec les données d'autres agriculteurs ou provenant de diverses autres sources (Wolfert *et al.*, 2017). Or, certains agriculteurs s'inquiètent du stockage des données et de la vulnérabilité des informations personnelles (p. ex. informations relatives aux agriculteurs et à leur personnel, emplacement et caractéristiques des propriétés, rendements des cultures). Certaines questions persistent également au sujet de la propriété des données. Par exemple, les agriculteurs peuvent ignorer s'ils détiennent des droits à l'information lorsque les données collectées sont produites sur leurs terres, mais obtenues par des capteurs et autres outils qu'ils ne possèdent pas directement (Haire, 2014; Wolfert *et al.*, 2017).
- **La difficulté d'évaluer la qualité et la quantité de certaines données** – Lorsqu'on intègre des données multidimensionnelles dans un système décisionnel, il peut être difficile d'obtenir un consensus entre les acteurs pour déterminer i) quelles données sont pertinentes; ii) la précision et la fiabilité des mesures; iii) quelle quantité de données est suffisante; iv) la valeur des données, par rapport à d'autres éléments dans la prise de décision (Kaisler *et al.*, 2013; Weersink *et al.*, 2018).

Pour l'essentiel, les données produites seront peu utiles si elles ne peuvent être gérées efficacement et si les acteurs ne savent pas à quelles informations ils veulent accéder, et comment les utiliser au mieux. De plus, toutes les données ne sont pas utiles ou solides. Ainsi, sans une gestion efficace ou un objectif clair, les données se résument à une surabondance d'informations peu pertinentes (Wolfert *et al.*, 2017). L'utilisation de la détection moléculaire dans le secteur forestier met en évidence un certain nombre des défis susmentionnés, notamment la gestion des données et l'adoption généralisée de la technologie (encadré 5.5). Outre les problèmes liés aux mégadonnées, le comité note aussi que, compte tenu des complexités du système de gouvernance existant, il se révèle également difficile d'intégrer et d'exploiter les petites données – celles qui sont accessibles, exploitables et qui se présentent en volumes gérables – (Wigmore, 2014) aux fins de la gestion des risques phytosanitaires.

### Encadré 5.5 Outils de détection moléculaire en foresterie

L'utilisation d'outils moléculaires pour détecter et identifier les agents pathogènes forestiers non indigènes a été mise au point dans le cadre du projet TAIGA de l'Université de la Colombie-Britannique (Lamarche *et al.*, 2015). Cette technologie, créée grâce à un financement de Génome Colombie-Britannique (Genome BC, 2021), permet de créer des outils rapides et fiables capables de détecter l'ADN de pathogènes cibles – même en infimes quantités – en vue d'une utilisation potentielle par des organismes comme l'ACIA (et ses homologues internationaux) et l'industrie forestière (Lamarche *et al.*, 2015). Bien que cette technologie se soit avérée réalisable et ait été reconnue comme un progrès notable dans le domaine de la détection, il existe un certain nombre de défis non techniques qui pourraient empêcher son adoption à grande échelle (Hall *et al.*, 2019).

Tout d'abord, l'interprétation et l'utilisation de la grande quantité de données produites par la détection moléculaire et les tests de diagnostic présentent des difficultés (Hall *et al.*, 2019). Il s'agit notamment de trouver ou de développer l'expertise pertinente pour gérer et analyser les données, ainsi que pour fournir le contexte essentiel à l'interprétation des résultats. Comme l'a fait remarquer un représentant du domaine de la politique phytosanitaire interrogé dans le cadre d'une étude sur l'efficacité de la technologie TAIGA, « détecter [l'agent pathogène] est une chose, prouver qu'il fait du tort à la forêt en est une autre »

(Continue)

(a continué)

(cité dans Hall *et al.*, 2019). En outre, des inquiétudes persistent quant à la manière dont les données peuvent être utilisées. Il a été noté que l'utilité de la technologie « restera sous la stricte réserve du respect des directives, des procédures d'exploitation et des limites reconnues » (Hall *et al.*, 2019). D'autres défis à l'adoption prennent la forme des incidences potentielles de la technologie sur le commerce international, comme l'utilisation potentiellement abusive des données pour créer de fausses barrières commerciales, de même que le coût de l'adoption. Ce dernier point est particulièrement préoccupant pour une industrie forestière qui est à la fois sensible aux coûts et souvent réactive plutôt que proactive en ce qui concerne les questions phytosanitaires (Hall *et al.*, 2019).

Une culture d'acquisition et de partage de données ouvertes pourrait être bénéfique pour surmonter certains de ces défis. Parmi les moyens potentiels d'aller de l'avant, on peut citer l'exploitation de la science citoyenne pour la collecte et la vérification des données environnementales (McKinley *et al.*, 2015), ainsi que la promotion de la science ouverte (GODAN, s.d.). Par exemple, selon Mansuy (2016), la plateforme Smartforests Canada fournit « des mesures *in situ* en temps réel de divers attributs forestiers (croissance et caractéristiques des arbres, biodiversité, sol, air, carbone, etc.) »; cette plateforme pourrait être associée à des études de terrain traditionnelles pour permettre aux acteurs de surveiller les changements environnementaux et de répondre aux besoins du marché. Les initiatives de recherche mixtes (publiques et privées), comme FPIInnovations au Canada – une collaboration entre un établissement de recherche, le secteur privé et le gouvernement – peuvent aplanir les difficultés liées au partage des données en menant des recherches appliquées axées sur la demande pour l'industrie forestière (Mansuy, 2016). Dans le domaine de l'agriculture, l'Open Ag Data Alliance fournit des logiciels libres qui garantissent que les agriculteurs restent propriétaires des données produites dans leurs exploitations (OADA, 2021). Mentionnons également le Global Open Data for Agriculture and Nutrition (GODAN) – un réseau international basé à Montréal et constitué d'instances gouvernementales, d'ONG et de partenaires privés – qui plaide en faveur de l'ouverture des données (agricoles, environnementales et socio-économiques), et offre des services de consultation sur les initiatives utilisant de telles données, afin de contribuer à la sécurité alimentaire mondiale (GODAN, s.d.).



## Le manque d'expertise pertinente empêche l'adoption généralisée des innovations émergentes.

Il y a pénurie de compétences techniques dans l'agriculture et la foresterie. Pour surmonter ce défi, certains ont recommandé d'attirer et de retenir les meilleurs talents internationaux par le biais d'une procédure de visa accélérée; d'investir dans des bourses et des programmes d'échange avec des universités de premier plan dans les domaines concernés; ainsi que d'élargir la portée des talents pour attirer les experts appartenant à des domaines connexes (p. ex. santé et sciences de la vie, analyse des données) (Conseil consultatif en matière de croissance économique, 2017).

Les données suggèrent également un écart entre le besoin et l'offre de main-d'œuvre (Ontario Agricultural College, 2017; Rotz *et al.*, 2019). L'adoption de l'agriculture de précision, par exemple, nécessite des compétences avancées dans plusieurs domaines, notamment la robotique, la programmation informatique, les systèmes logiciels et l'agronomie. Les collèges et universités du Canada disposent de peu de programmes pouvant former les étudiants dans ces domaines ou ont vu le recrutement dépassé par la demande en tentant de combler de tels rôles (Ontario Agricultural College, 2017; Rotz *et al.*, 2019). Toutefois, des efforts constants sont déployés pour répondre à la demande. Par exemple, les programmes de technologie agricole du Olds College en Alberta offrent un modèle de développement des compétences en temps opportun, à même de fournir rapidement une partie de l'expertise nécessaire sur le terrain (encadré 5.6).

### Encadré 5.6 Le programme d'agriculture de précision et d'agronomie technologique du Olds College

Le programme d'agriculture de précision et d'agronomie technologique du Olds College en Alberta débouche sur un diplôme après des études de deux ans conçues pour parfaire la formation d'étudiants déjà diplômés dans des domaines comme l'agriculture, le génie, la mécanique et les sciences de l'environnement (Olds College, s.d.). Travaillant sur un écosystème de 746 hectares baptisé « Smart Farm », les étudiants sont formés aux dernières technologies employées dans le secteur agricole (Olds College, 2021). Les domaines de formation comprennent l'automatisation et la robotique; la collecte, la gestion et l'utilisation des données; le développement de la technologie; de même que l'agriculture régénérative. « Smart Farm » a été conçue comme un espace de collaboration et d'apprentissage entre les étudiants, les professeurs, les producteurs et l'industrie (Olds College, 2021).

Outre l'expertise nécessaire à la conception et à l'exploitation des nouvelles technologies et à l'analyse des données, il est nécessaire de soutenir et de former en parallèle les agriculteurs qui pourraient choisir d'intégrer plus complètement la technologie numérique dans leurs activités. Parmi les mesures de soutien, mentionnons l'aide à l'utilisation, à la programmation, à la maintenance et à la réparation des systèmes comme des nouveaux outils (Weersink *et al.*, 2018; Rotz *et al.*, 2019). Dans certains cas, les agriculteurs prennent eux-mêmes l'initiative en participant à des plateformes en ligne comme « Farm Hack », qui permettent aux agriculteurs du monde entier de se connecter et de communiquer leurs expériences en matière d'entretien, de construction et de réparation des outils agricoles, y compris les technologies numériques et les logiciels (Clapp et Ruder, 2020; Farm Hack, s.d.). Certains craignent que la formation ne soit pas accessible à tous, en raison du coût, de la disponibilité ou d'autres facteurs limitatifs; par conséquent, l'adoption de technologies émergentes par certains peut exacerber les inégalités existantes entre les producteurs (Bronson et Knezevic, 2016; Rose *et al.*, 2016).

### Des approches élargies en matière d'innovation peuvent déboucher sur de nouvelles méthodes pour surmonter les risques phytosanitaires.

Faire progresser les innovations dans le domaine de la santé des végétaux pour faire face aux risques futurs ne consiste pas simplement à se concentrer sur les technologies numériques pour améliorer la résilience. Pour affronter les risques pouvant découler de l'adoption de l'agriculture de précision, certains ont suggéré que les décideurs politiques favorisent une diversité d'agriculteurs, opérant à différentes échelles et exploitant différentes stratégies, dans le contexte de l'utilisation des nouvelles technologies (Bronson, 2018; Barrett et Rose, 2020). La présence d'une diversité de types d'exploitations agricoles est en effet synonyme de différents atouts pour les écosystèmes et les consommateurs du Canada. Bien que les exploitations à grande échelle disposent des moyens économiques de mettre en œuvre des innovations susceptibles d'augmenter le rendement des cultures ou de conférer d'autres avantages, les exploitations à petite et moyenne échelle peuvent quant à elles se révéler particulièrement aptes à s'adapter aux nouvelles occasions offertes par le marché et aux conditions environnementales changeantes (ACT, 2013; Small Scale Food Manitoba Working Group, 2015; Pollan, 2021). Parallèlement, des entretiens menés avec des agriculteurs indiquent qu'investir massivement dans des stratégies numériques pour l'agriculture ne représente peut-être pas la seule ni même la meilleure stratégie (Barrett et Rose, 2020). On a ainsi avancé que la priorité accordée aux nouvelles technologies se fait souvent au détriment du développement et du perfectionnement d'autres stratégies, comme les innovations menées par les agriculteurs, l'amélioration des communications et l'utilisation des technologies existantes (Barrett et Rose,

2020). En outre, Bragdon et Smith (2015) notent que « les recherches sur la manière dont les plateformes technologiques soutiennent l'innovation menée par les agriculteurs sont relativement peu nombreuses ». Pour rectifier cet état de fait, les auteurs suggèrent que, « dans un premier temps, les institutions et organismes de recherche agricole doivent reconnaître les agriculteurs comme des innovateurs plutôt que comme de simples destinataires des résultats de la recherche » (Bragdon et Smith, 2015). Basé sur l'influence du savoir issu du monde universitaire et de la science occidentale, il existe traditionnellement un déséquilibre des pouvoirs qui oriente les décisions politiques sur la gestion phytosanitaire. Toutefois, plus récemment, la recherche s'est tournée vers la reconnaissance et la mise en œuvre des connaissances autochtones et celles des agriculteurs, qui ont su assurer la santé des végétaux dans les collectivités du monde entier depuis des siècles (voir p. ex. Hill *et al.*, 2019). Le défi consiste donc à concilier les grands principes scientifiques avec les connaissances propres au milieu (Duru *et al.*, 2015; Hill *et al.*, 2019; Lima, 2019).

C'est ainsi que l'application des principes agroécologiques à l'agriculture s'est avérée précieuse, qu'elle se fasse isolément ou en partenariat avec l'agriculture de précision. L'agroécologie vise à soutenir la diversification et les avantages multi-écosystèmes, notamment la production alimentaire, tout en atténuant les retombées environnementales ou sociales négatives associées à certaines techniques agricoles (Isaac *et al.*, 2018). Parmi les exemples d'applications de l'agroécologie, on trouve des pratiques qui sont monnaie courante au Canada, comme les cultures intercalaires, les cultures de couverture et les rotations culturales extensives, mais aussi d'autres qui le sont moins, comme le recyclage des nutriments à la ferme et l'évitement des pesticides (Isaac *et al.*, 2018). Bien qu'il n'existe pas d'enquête systématique sur l'utilisation des pratiques agroécologiques au Canada, les données existantes indiquent que leur présence est limitée, et que les options de financement de la recherche qui encouragent la recherche fondamentale dans ce domaine sont rares (Isaac *et al.*, 2018; CPAA, 2018). Toutefois, une analyse des subventions accordées par les trois organismes gouvernementaux du Canada, ainsi que les données provenant des organismes agricoles (voir p. ex. EFAO, s.d.-b) et d'autres programmes provinciaux et fédéraux – y compris l'initiative des laboratoires vivants récemment créée (encadré 5.7) – suggèrent qu'il pourrait y avoir un intérêt croissant pour ce domaine (Isaac *et al.*, 2018; Laforge *et al.*, 2018). Le transfert de connaissances sur les pratiques agroécologiques a également été facilité en partie par le travail des ONG (voir p. ex. SeedChange, 2021; Young Agrarians, 2021; EFAO, s.d.-a). Bien que ces programmes se soient révélés efficaces, comme la plupart des programmes des ONG, ils sont soumis à un financement limité et irrégulier (Isaac *et al.*, 2018).

### Encadré 5.7 L'initiative des laboratoires vivants

L'initiative des laboratoires vivants est une approche collaborative visant l'élaboration et l'adoption de solutions localisées et durables afin de résoudre les problèmes environnementaux auxquels sont confrontés les agriculteurs canadiens (AAC, 2021c). Les projets menés par les laboratoires vivants ont pour cadre des centres régionaux où, dans un premier temps, les agriculteurs collaborent avec des scientifiques et d'autres acteurs pour cerner leurs besoins précis, et où les équipes échangent des données et des idées. Au cours de la deuxième phase du projet, les solutions potentielles sont testées sur le terrain et évaluées sur la base de la recherche scientifique et des expériences des agriculteurs eux-mêmes. Les innovations sont modifiées selon les besoins et peuvent changer pour s'adapter aux besoins environnementaux. Comme le fait remarquer AAC (2021c), « comme les innovations qui en résultent sont élaborées conjointement avec les agriculteurs du début à la fin, elles ont plus de chances d'être adoptées par ces derniers. Le processus d'élaboration conjointe permet de s'assurer que les innovations sont économiquement viables, techniquement réalisables et souhaitables pour les producteurs, en plus d'être rigoureuses sur le plan scientifique. » On prévoit que cette initiative permettra d'élaborer des pratiques qui aideront les agriculteurs à réagir aux répercussions des changements climatiques, tout en réduisant la contamination de l'eau, en améliorant la qualité du sol et en augmentant les habitats comme la biodiversité dans les paysages agricoles (AAC, 2021c).

## 5.3 Mobilisation du public dans la gestion des risques phytosanitaires

En ce qui concerne les risques phytosanitaires, la mobilisation du public peut contribuer à la surveillance des végétaux, des organismes nuisibles et du milieu environnant, ce qui permet de suivre les risques dans le temps. Il s'agit là d'une composante essentielle de la mise en œuvre de changements politiques efficaces qui auront un impact sur la capacité du Canada à prévenir, gérer et s'adapter à l'évolution des risques phytosanitaires. Au-delà du soutien, la mobilisation du public qui précède l'élaboration des politiques peut se révéler importante pour évaluer les risques phytosanitaires, améliorer la compréhension par le commun des mortels des décisions et des impacts, et créer des politiques efficaces qui seront perçues comme légitimes par la population (Findlater *et al.*, 2020). Toutefois, le rôle du public doit également être évalué à la lumière des risques ou

des obstacles potentiels, notamment les conflits de valeurs et la tolérance variable au risque; les connaissances existantes du public et les relations avec les systèmes phytosanitaires; ainsi que l'efficacité des programmes d'éducation et de sensibilisation liés à la santé des végétaux (Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes, 2019).

### 5.3.1 Surveillance publique des risques phytosanitaires

**Le public peut être un atout précieux pour cerner et atténuer les risques.**

Le public a le pouvoir d'amener des changements considérables dans la santé des végétaux. Pour le conscientiser davantage à l'ampleur des problèmes et à la capacité des individus d'influencer les politiques, Pautasso *et al.* (2012) recommandent de rapprocher la population de son environnement local. En général, il est juste de dire que de nombreuses personnes au Canada sont déconnectées de l'écosystème qui les entoure (NCC, 2018). Or, sans une relation existante avec son environnement, l'individu moyen est mal préparé à reconnaître ou à gérer les risques phytosanitaires lorsqu'ils se présentent. Des organisations comme le Conseil canadien sur les espèces envahissantes cherchent à mettre en relation les membres du public avec des professionnels afin de les former à reconnaître les espèces envahissantes dans leur propre environnement et à limiter ainsi les incidences sociales, environnementales et économiques potentielles (CCEE, 2014).

Dans la rédaction de normes européennes entourant les campagnes de sensibilisation du public à la santé des végétaux, les auteurs ont noté que « en principe, la sensibilisation du public peut créer un grand nombre de «scientifiques citoyens» s'intéressant à la santé des végétaux et qui deviennent alors plus susceptibles de détecter une épidémie à ses débuts que ne le sont les inspecteurs lors des enquêtes officielles, ces derniers étant nécessairement limités par les ressources disponibles » (Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes, 2019). Il est donc avantageux que les membres du public soient bien informés des risques phytosanitaires généraux, ce qui peut être particulièrement utile lors de campagnes visant à cibler des risques précis. Au Canada, il existe un certain nombre de projets scientifiques citoyens en cours dans le domaine de la santé des végétaux. Parmi les exemples, citons le Programme des pisteurs de tordeuses, qui demande à des bénévoles de surveiller et de signaler l'incidence des populations de tordeuses des bourgeons de l'épinette dans les forêts de l'est du Canada, et le Early Detection & Rapid Response (EDRR) Network of Ontario, qui forme des personnes à reconnaître les espèces envahissantes au sein de leur collectivité et à signaler leurs observations (GC,

2021b). Le site iNaturalist.org est également digne de mention. Il s'agit d'un référentiel de tous les types de projets et d'observations de science citoyenne, y compris de nombreux projets liés à la santé des végétaux. On y retrouve par exemple des informations sur le Eastern Hemlock Project, qui surveille la répartition de la pruche du Canada dans toute la partie est de l'Amérique du Nord, et un autre projet consacré à l'enregistrement des observations d'espèces envahissantes en Ontario (iNaturalist.org, s.d.-a, s.d.-b).

L'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (2019) fournit quant à elle des critères permettant de déterminer si le recours au public pour aider à lutter contre les espèces envahissantes locales peut avoir un effet positif. Ces critères prennent en compte les voies de transmission, la capacité de détection et la facilité de gestion, d'éradication ou de confinement d'un envahisseur. Les campagnes de sensibilisation se révèlent bénéfiques dans les cas où les organismes nuisibles sont facilement identifiables, et où une détection précoce pourrait conduire à leur éradication. De telles campagnes peuvent toutefois se traduire par des effets pervers. C'est le cas lorsque les organismes nuisibles ressemblent de près aux espèces indigènes et qu'on les confond, lorsque des personnes non formées propagent un phytoravageur par négligence ou par ignorance, ou lorsque les coûts des campagnes de sensibilisation dépassent les avantages globaux (Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes, 2019). Dans le contexte de la science citoyenne, il convient de faire preuve d'une prudence accrue vis-à-vis des ensembles de données afin de tenir compte des erreurs, de l'échantillonnage inégal ou de biais introduits par des individus soit de manière aléatoire, soit intentionnellement, parce qu'ils poursuivent un dessein particulier (Kremen *et al.*, 2011; Tiago *et al.*, 2017; Irwin, 2018).

## Il existe des exemples de surveillance publique des risques phytosanitaires.

Sur le plan de la surveillance des risques pour la santé des végétaux, les intervenants peuvent s'inspirer d'un certain nombre de modèles existants impliquant des acteurs clés en dehors du système de gouvernance. Par exemple, historiquement, les services de vulgarisation – qui aident les agriculteurs par le biais de programmes de communication et d'éducation sur le terrain – ont offert aux producteurs la possibilité de transmettre des rapports sur les phytoravageurs, les maladies ou d'autres problèmes (Milburn *et al.*, 2010). Ces rapports permettaient de déterminer les sujets de préoccupation, tandis que les agents de vulgarisation fournissaient des informations aux propriétaires fonciers – une source importante de transfert de connaissances. Si des services de vulgarisation existaient autrefois dans tout le Canada, divers facteurs, dont un manque de

soutien politique, ont entraîné leur suppression dans certaines provinces et certains territoires; dans d'autres cas, ils ont été remplacés par des communications en ligne pour relayer les informations aux agriculteurs (Milburn *et al.*, 2010). Dans les provinces où ils existent encore, les services de vulgarisation se sont adaptés et continuent à fournir des services essentiels sur le terrain. Par exemple, en Saskatchewan, les experts provinciaux en maladies des plantes et les spécialistes de la vulgarisation agricole ont joint leurs forces aux associations de producteurs pour assurer tests et surveillances en lien avec les phytoravageurs et les maladies, y compris la hernie des crucifères (Gouv. de la Sask., 2021b; SaskCanola, s.d.). En 2020, un partenariat entre SaskCanola et le gouvernement de la Saskatchewan a permis d'inspecter plus de 966 champs grâce à la distribution de trousse de surveillance du sol et à l'observation continue des zones infectées par les agents de lutte antiparasitaire provinciaux (Gouv. de la Sask., 2021b). En outre, le Prairie Pest Monitoring Network (PPMN) réunit des entomologistes qui effectuent des recherches et qui surveillent et inspectent les populations de phytoravageurs dans les grandes cultures des Prairies canadiennes. Ces recherches permettent d'informer les producteurs des risques potentiels que présentent les phytoravageurs pour des cultures particulières. Mentionnons également que les activités du PPMN sont coordonnées entre les acteurs gouvernementaux (fédéraux et provinciaux), industriels et universitaires (PPMN, 2021).

### 5.3.2 Soutien du public et compréhension des risques phytosanitaires/des politiques de gestion

**L'acceptation du risque par le public est variable et peut être influencée par les valeurs de chacun.**

La diversité des valeurs en présence parmi les acteurs du système de contrôle phytosanitaire et les membres du grand public contribue aux différences de compréhension en matière de santé des végétaux, ce qui entraîne des opinions divergentes sur la manière dont les risques doivent être identifiés et gérés. Il a ainsi été démontré que la tolérance au risque associée aux innovations utilisées pour gérer la santé des végétaux est variable. Par exemple, dans le cas des applications de la biotechnologie dans l'agriculture et la foresterie, certaines études expriment une forte inquiétude du public, d'autres le soutien de celui-ci, et d'autres encore révèlent simplement un manque de compréhension de ce qu'est la biotechnologie (examiné dans Hajjar *et al.*, 2014). Hajjar *et al.* (2014) suggèrent que, pour véritablement engager le dialogue avec le public sur la question de l'utilisation de la biotechnologie en foresterie, il faudrait une meilleure compréhension commençant par la définition des termes de référence eux-mêmes, la description des technologies, et l'illustration de tous les résultats potentiels auxquels elles peuvent conduire.

Ces discussions ne peuvent être dissociées des valeurs culturelles et individuelles. Par exemple, qu'est-ce que le public valorise le plus dans les forêts? Est-ce l'aspect esthétique? La contribution économique? La santé des végétaux? Les modes de vie traditionnels? Chacune de ces valeurs peut nécessiter des pratiques de prévention et de gestion différentes, et influencer l'élaboration des politiques de manière unique (Hajjar *et al.*, 2014). Compte tenu de la multitude de valeurs culturelles associées aux forêts du Canada, il est probable que l'utilisation des biotechnologies sera une source croissante de préoccupation pour le public. Il a été suggéré que les scientifiques et les décideurs feraient bien d'intégrer des perspectives plus larges et de solliciter la contribution des sciences sociales et humaines lorsqu'ils examinent les avantages et les risques de l'utilisation des biotechnologies – que ce soit dans la gestion des phytoravageurs et des maladies au sein des systèmes de contrôle phytosanitaire, ou comme méthode d'adaptation des plantes pour résister à la variabilité climatique, en foresterie et en agriculture (Pelai *et al.*, 2020). On reconnaît bien l'importance d'élargir les perspectives dans l'élaboration de la politique environnementale au Canada. Ainsi, la *Loi sur l'évaluation d'impact* (2019) engage le gouvernement du Canada à adopter des approches durables et à intégrer la participation du public, la science et le savoir autochtone dans l'élaboration des grands projets (GC, 2019d).

### La communication scientifique et le dialogue peuvent être efficaces pour favoriser la compréhension par le public des risques phytosanitaires.

La faible confiance du public envers le gouvernement a été associée à un manque de soutien par rapport aux politiques environnementales, notamment celles liées aux changements climatiques et à la gestion des forêts (Peterson St-Laurent *et al.*, 2019). Si le scepticisme à l'égard de la science reste un problème persistant et troublant, la confiance que témoigne le public envers les scientifiques eux-mêmes demeure quant à elle généralement élevée (Peterson St-Laurent *et al.*, 2019). Parallèlement, des études ont montré que la confiance ne se gagne pas seulement par des arguments fondés sur des preuves, mais aussi en faisant participer le public de manière transparente à la science dès le début du processus de prise de décision (Sheppard, 2005; Peterson St-Laurent *et al.*, 2018b, 2019).

Une revue effectuée par Peterson St-Laurent *et al.* (2019) a constaté que le *modèle du déficit de connaissances*, selon lequel « la résistance à la science et aux solutions de gestion fondées sur la technologie proviendrait d'un manque de familiarité et d'information », se révèle erroné. En effet, des études portant sur la scolarité et la culture scientifique en lien avec plusieurs sujets controversés, dont les changements climatiques, ont démontré que même les participants ayant un haut niveau de connaissances scientifiques favorisent les preuves venant appuyer des



conclusions déjà établies (Peterson St-Laurent *et al.*, 2019). Certaines études montrent que l'opinion du public est plus fortement ancrée dans les valeurs culturelles existantes, l'identité sociale et les croyances politiques et religieuses, par opposition aux connaissances ou à la scolarité d'une personne (Braman *et al.*, 2012). Bronson (2019) note l'inadéquation du modèle du déficit de connaissances pour expliquer les préoccupations de groupes d'agriculteurs de la Saskatchewan à l'égard des mesures réglementaires et des priorités de recherche entourant les biotechnologies. Leur résistance aux biotechnologies ne découlerait pas d'un manque de compréhension scientifique, mais plutôt de préoccupations plus larges liées à la justice, au pouvoir et – peut-être l'aspect le plus important – à des approches de caractérisation des risques qui diffèrent du cadre technique utilisé par le gouvernement du Canada (Bronson, 2019).

Il a également été démontré que la source d'information était un facteur permettant d'établir la confiance du public. Ainsi, une étude récente du Pew Research Center sur la confiance du public envers les scientifiques a révélé que les personnes interrogées avaient une opinion généralement positive de ces derniers, 51 % d'entre elles indiquant qu'elles avaient « une grande confiance dans les scientifiques pour agir dans l'intérêt supérieur du public », tandis que 35 % de plus admettaient leur témoigner une assez grande confiance (Funk *et al.*, 2019). Cinquante-huit pour cent des personnes interrogées estimaient qu'elles avaient moins confiance dans les résultats de recherche financée par l'industrie, tandis que 57 % mentionnaient faire davantage confiance aux résultats lorsque les travaux de recherche étaient accessibles au public et validés de manière indépendante (Funk *et al.*, 2019). En réponse aux opinions du public sur la science et dans le but de trouver des moyens de combattre la désinformation en ligne, le gouvernement du Canada – en prévision de l'Année internationale de la santé des végétaux 2020 – a formulé l'objectif de faire davantage participer la population. Dans ce but, on prévoit faire des activités phytosanitaires, de la gestion des ressources et des risques pour la santé des végétaux (en particulier ceux associés aux changements climatiques) des thèmes clés à tous les niveaux d'enseignement. On cherchera également de nouveaux moyens de renforcer la confiance et d'améliorer la communication scientifique au sein du grand public (ACIA, 2019c).

La création de politiques et la mise en œuvre de nouvelles technologies face à des valeurs et des risques divers peuvent comporter de gros défis; toutefois, il faut se rappeler que les risques sont susceptibles d'être atténués grâce à une adhésion rapide du public (Findlater *et al.*, 2020). Le dialogue auprès des différents acteurs doit être conséquent et il faut prévoir du temps pour une participation et une délibération véritables (Walker et Daniels, 2019). Cette démarche peut commencer en incluant le public dès le départ dans la formulation des questions et ensuite s'étendre à d'autres méthodes participatives, notamment la budgétisation

participative (Participatory Budgeting Project, s.d.). Les acteurs sont en effet plus enclins à faire confiance aux efforts proposés lorsqu'ils sentent qu'on valorise leurs contributions et que celles-ci font partie de la prise de décision (Walker et Daniels, 2019). Inversement, la confiance s'effrite lorsqu'ils ont l'impression que leur apport est sollicité pour la forme seulement, sans être réellement pris en compte ni intégré dans les décisions (Irvin et Stansbury, 2004; Nelson *et al.*, 2017). Le but de la mobilisation ne consiste pas à rallier le soutien autour d'une politique déjà décidée; au contraire, il s'agit de reconnaître que « le public est une force puissante [et que] grâce à un engagement transparent et porteur, la probabilité de parvenir à des solutions consensuelles s'en trouve accrue » (Hajjar *et al.*, 2014). La participation du public peut se révéler particulièrement utile dans le climat actuel de désinformation et de cloisonnement de l'information, car ces facteurs ont « le potentiel de susciter la confusion au sein du public » et « d'agir comme des éléments dissuasifs pour une prise de décision efficace » (Peterson St-Laurent *et al.*, 2019).

# Droits et rôles des peuples autochtones dans la santé des végétaux

- 6.1 Droits des peuples autochtones par rapport à la terre, du point de vue de l'accès, de la gestion et la de gouvernance
- 6.2 Systèmes de connaissances autochtones et pratiques de gestion des terres
- 6.3 Répercussions de la mauvaise santé des végétaux sur les communautés autochtones
- 6.4 Participation des Autochtones au système de contrôle phytosanitaire

## Constatations du chapitre

- Malgré les droits que possèdent les Autochtones du Canada à l'égard des terres – sur le plan de l'accès, de la gestion et de la gouvernance – les ministères responsables de la gestion et de la promotion phytosanitaires ne s'engagent que dans une mesure limitée auprès des peuples autochtones.
- Pourtant, la réciprocité et la responsabilité font partie intégrante des visions du monde et des traditions juridiques autochtones, qui témoignent d'un respect de la terre garante de l'abondance future des ressources. La santé des végétaux au Canada pourrait être renforcée en incluant les approches autochtones de la gestion des écosystèmes.
- Les connaissances autochtones comprennent des données écologiques et environnementales à long terme sur la faune et la flore; elles permettent de comprendre l'évolution des écosystèmes au fil du temps. La perte de telles connaissances et le fait qu'elles ne soient pas prises en compte dans les processus décisionnels représentent autant de risques pour la santé des végétaux que pour les droits des peuples autochtones.
- L'inclusion des systèmes de connaissances autochtones peut contribuer à la gestion des risques phytosanitaires si l'information est échangée dans un espace éthique, où toutes les perspectives culturelles sont abordées simultanément, en collaboration, et font l'objet d'une considération égale dans les questions touchant la santé des végétaux.

Il existe une relation profonde et de longue date entre les peuples autochtones et la flore. Les peuples autochtones du Canada et d'ailleurs considèrent souvent que les humains sont des éléments de la nature, que les échanges réciproques entre humains et non-humains favorisent la coproduction, et qu'il revient aux communautés locales de gérer et de préserver les écosystèmes dont elles font partie (Oberndorfer *et al.*, 2017; IPBES, 2019b). Ainsi, le peuple Syilx Okanagan de la Colombie-Britannique pratique un modèle de récolte régénératrice où de grands jardins saisonniers sont entretenus selon des méthodes traditionnelles ayant été affinées au cours des siècles, sous la gouverne des autorités reconnues de la communauté (Armstrong, 2020). L'importance de la réciprocité dans les relations entre les végétaux et les hommes est reconnue explicitement; par exemple, la philosophie environnementale Haudenosaunee met l'accent sur la responsabilité des personnes à respecter la nature et à vivre en harmonie avec elle (Alfred, 2007). Des devoirs similaires de protection et d'entretien de la vie végétale sont évidents dans d'autres cultures autochtones, où la générosité des plantes est reconnue et

fait l'objet d'une réciprocité par des actes de soin et de gratitude (voir p. ex. Kimmerer, 2013; Armstrong, 2020; Mills, 2020). Mary B. Andersen, une résidente de la communauté inuite de Makkovik, au Labrador, exprime l'importance des végétaux dans les lignes suivantes :

*Les plantes nous donnent tout : nourriture, abri, bien-être et chaleur. Elles protègent le sol de l'érosion. Tous les médicaments proviennent de plantes, même si les gens pensent qu'ils sont fabriqués quelque part. Mais cette compréhension se perd maintenant. On ne se rend pas compte à première vue à quel point nous dépendons des plantes. Un monde sans plantes est inimaginable. Les plantes sont si importantes dans la chaîne alimentaire. Sans les plantes, que posséderions-nous? Nous n'aurions pas grand-chose en fait.*

Cité dans Oberndorfer *et al.* (2017)

Les visions du monde, les valeurs et les systèmes de gestion autochtones mettent souvent l'accent sur les fonctions et usages écosystémiques multiples, ce qui se traduit par des paysages diversifiés (Berkes et Davidson-Hunt, 2006), une interconnexion entre les êtres vivants (Castleden *et al.*, 2009), une éthique de réciprocité (Kimmerer, 2013) et une relation spirituelle avec la terre (Booth et Skelton, 2011). En revanche, le paradigme de gestion non autochtone qui régit actuellement la plupart des paysages gérés au Canada tend à se concentrer sur une seule valeur dominante (soit la valeur économique), qui donne la priorité aux espèces végétales à valeur commerciale (p. ex. arbres producteurs de bois d'œuvre) par rapport à d'autres fonctions écosystémiques (p. ex. produits forestiers non ligneux, ou plantes sans valeur commerciale directe) (Berkes et Davidson-Hunt, 2006; Teitelbaum et Bullock, 2012). Or, la priorité accordée à la production de bois peut avoir un impact sur la capacité des peuples autochtones à cueillir et à s'occuper des plantes leur fournissant aliments, matériaux et médicaments traditionnels – soit par exclusion directe, soit parce que les activités de gestion, comme l'épandage aérien et l'exploitation forestière, ont endommagé ces végétaux (Booth et Skelton, 2011; Stolz, 2018). Les relations entre les peuples autochtones et la santé des végétaux ont toujours fait et continuent de faire partie intégrante de l'identité, de la culture et de la sécurité alimentaire des Autochtones. La perte de ces connaissances végétales et pratiques de gestion traditionnelles peut donc être considérée à la fois comme un risque pour la santé des végétaux au Canada et comme une atteinte aux droits des Autochtones.

## 6.1 Droits des peuples autochtones par rapport à la terre, du point de vue de l'accès, de la gestion et la de gouvernance

Les peuples autochtones du Canada, qui comprennent les Premières Nations, les Inuits et les Métis, se distinguent par l'importance des droits qu'ils détiennent sur les terres et les plantes. Les gouvernements autochtones, qui s'incarnent sous différentes formes au Canada, exercent un certain contrôle sur les terres et les ressources, avec des droits et des responsabilités variables selon les mécanismes d'autorité et la nature des accords passés avec la Couronne (ou leur absence). Ces droits sont ancrés dans l'occupation antérieure de l'Amérique du Nord par les peuples autochtones; ils sont énoncés dans la *Proclamation royale de 1763*, les *Lois constitutionnelles* de 1867 à 1982 (la première étant l'*Acte de l'Amérique du Nord britannique* de 1867) et dans divers traités historiques et modernes (CRPA, 1996; CVR, 2015). Les peuples autochtones détiennent également des droits d'usage spécifiques sur certains territoires – reconnus par le gouvernement du Canada dans les traités originaux (numérotés) – ainsi que sur des territoires ayant fait l'objet de négociations dans le contexte des accords modernes de revendication

territoriale (JUS, 2018). Les droits issus de traités et les droits autochtones (y compris les revendications territoriales et les accords d'autonomie gouvernementale) prévoient l'accès aux ressources et aux terres traditionnellement occupées par les peuples autochtones, de même qu'un certain contrôle sur celles-ci (RCAANC, 2020), par exemple le droit d'y cueillir des plantes (RCAANC, 2016).



**Le savoir autochtone** est « un vaste concept englobant les cultures, traditions, langues, géographies et patrimoines divers des peuples autochtones du Canada » (Buck, 2019).

### Le titre ancestral confère le droit inhérent d'utiliser les terres traditionnelles, d'en maintenir le contrôle et d'en bénéficier.

Dans les territoires non cédés où il n'existe pas de traité (historique ou moderne), les tribunaux canadiens ont affirmé la persistance du titre ancestral – un droit inhérent à l'utilisation, au contrôle et aux bénéfices tirés des terres ou territoires ancestraux (CSC, 1997, 2014; JUS, 2018). Les droits et titres ancestraux sont inhérents et distincts des droits accordés aux Canadiens non autochtones en vertu de la

common law, reflétant ainsi l'occupation des territoires ancestraux par les Autochtones avant le contact avec les Européens et la relation qu'ils entretenaient avec ces terres (Hanson, 2009). En 2014, la Cour suprême du Canada a pour la

première fois établi et déclaré le titre ancestral de la Première Nation T̓silhqot'in sur une zone délimitée de 190 000 hectares en Colombie-Britannique (CSC, 2014; Gouvernement national T̓silhqot'in, 2021). Cette décision découlait d'une action en justice engagée après que six bandes de la Première Nation T̓silhqot'in se furent opposées à l'octroi d'une licence d'exploitation forestière commerciale au gouvernement de la Colombie-Britannique sur leur territoire traditionnel (CSC, 2014). Dans la pratique, tout bois d'œuvre prélevé dans la zone visée par le titre appartient à la Première Nation T̓silhqot'in (par opposition à la Couronne), ce qui empêche le gouvernement provincial d'autoriser la récolte de bois aux entreprises forestières sur ces terres (Gouvernement national T̓silhqot'in, 2021).

La Couronne est tenue de consulter les Autochtones sur les décisions susceptibles d'avoir une incidence sur les terres où un titre ancestral est revendiqué dans la mesure où ce titre ne s'est jamais éteint, et même s'il n'est pas encore officiellement établi (CSC, 2014). Toutefois, le titre n'est pas absolu. Les projets de développement peuvent toujours être mis en œuvre sur ces terres, à condition qu'ils soient réalisés avec le consentement des détenteurs du titre. Faute de cela, les gouvernements doivent prouver que le développement est « justifi[é] par la poursuite d'un objectif public impérieux et réel, [un tel développement devant] être compatible avec l'obligation fiduciaire qu'a la Couronne envers le groupe autochtone » (CSC, 2014).

La définition actuelle du titre autochtone, qui résulte de multiples cas de justice, apporte une certaine clarté aux procédures judiciaires; cependant, elle peut différer de la compréhension que certains peuples autochtones ont du titre (Hanson, 2009). Par exemple, certains peuples n'acceptent pas que la Couronne ait un titre sous-jacent sur ce qui est maintenant connu comme le Canada, et remettent en question la légitimité de son affirmation de souveraineté sur ces terres (McCrossan et Ladner, 2016; GC, 2017; JUS, 2018). De même, des conceptions plus larges entourant l'imposition de la propriété privée peuvent être incompatibles avec certaines traditions et philosophies juridiques autochtones (GC, 2017).

### Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont l'obligation de consulter les peuples autochtones et de prévoir des aménagements.

Conformément à l'article 35 de la *Loi constitutionnelle de 1982* – qui reconnaît les droits des peuples autochtones et les droits issus de traités – la Cour suprême du Canada a affirmé que les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont l'obligation de consulter les peuples autochtones et de prévoir des aménagements lorsqu'ils entreprennent des actions susceptibles d'avoir un impact sur ces droits (CSC, 2004, 2010, 2014; Brideau, 2019).

Ainsi, les droits territoriaux exigent que les gouvernements provinciaux, territoriaux et fédéraux procèdent à des consultations et, si nécessaire, à des aménagements, si les droits des Autochtones et les droits issus de traités risquent d'être enfreints par des projets de développement ou des politiques quelconques. Dans certains cas, en fonction de l'ampleur des revendications autochtones sur les terres et de l'atteinte potentielle à leurs droits, les gouvernements peuvent être tenus d'obtenir le consentement des détenteurs de droits présumés lorsqu'ils gèrent et utilisent ces terres (JUS, 2018; Brideau, 2019). La norme d'exigence concernant l'obtention du consentement des peuples autochtones est « plus ferme lorsqu'il s'agit de terres visées par un titre ancestral » (JUS, 2018). Bien que le gouvernement du Canada reconnaisse les principes d'engagement avec les peuples autochtones et « vise à obtenir leur consentement préalable, donné librement et en connaissance de cause » lorsqu'il propose de prendre des mesures ayant une incidence sur les peuples autochtones et leurs droits portant sur les terres, territoires et ressources, ce consentement n'est pas requis dans tous les cas d'utilisation ou de perturbation des terres (JUS, 2018). En plus des droits décrits ci-dessus, les gouvernements autochtones et les autres ordres de gouvernement peuvent adopter des règlements environnementaux portant sur les terres de réserve fédérales en vertu de la *Loi sur les Indiens* ou d'accords d'autonomie gouvernementale (JUS, 1985; GC, 2010).

### Les déclarations et conventions internationales approuvées par le Canada reconnaissent les droits des peuples autochtones.

Au niveau international, les droits des Autochtones sont reconnus dans la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones (DNUDPA), qui contient des dispositions relatives à l'utilisation des terres, aux ressources et à l'accès aux plantes médicinales traditionnelles (articles 24, 25 et 26) (ONU, 2007). Le gouvernement du Canada a donné son appui à la DNUDPA en 2010 après s'être initialement opposé à son adoption en 2007 (Hill, 2016). En 2016, le gouvernement libéral fédéral déclarait son soutien, « sans réserve », à la DNUDPA (AADNC, 2016) et, en 2021, votait des dispositions législatives – la *Loi sur la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones* – visant à garantir que la législation canadienne est conforme à la DNUDPA (GC, 2021b). Cependant, certains groupes autochtones s'inquiètent du fait que la *Loi* contient trop peu de détails sur la façon dont la législation canadienne serait modifiée à la lumière de la DNUDPA (McIvor, 2020). Un groupe en particulier – la Première Nation Kitchenuhmaykoosib Inninuwug du nord-ouest de l'Ontario – s'oppose à la prémisse selon laquelle le Canada serait propriétaire des terres du pays en vertu de la doctrine de la découverte, une assise historique contestée (Turner, 2021).



D'autre part, la *Convention sur la diversité biologique* (CDB) des Nations Unies, dont le Canada est signataire, reconnaît « qu'un grand nombre de communautés locales et de populations autochtones dépendent étroitement et traditionnellement des ressources biologiques sur lesquelles sont fondées leurs traditions et qu'il est souhaitable d'assurer le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation des connaissances, innovations et pratiques traditionnelles intéressant la conservation de la diversité biologique et l'utilisation durable de ses éléments » (ONU, 1992). En outre, la CDB indique que les nations membres doivent, « sous réserve des dispositions de sa législation nationale, respecte[r], préserve[r] et maint[enir] les connaissances, innovations et pratiques des communautés autochtones et locales qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et en favorise[r] l'application sur une plus grande échelle, avec l'accord et la participation des dépositaires de ces connaissances » (ONU, 1992).

### Les traditions juridiques autochtones définissent les responsabilités et les relations entre la terre et les personnes.

Les sociétés autochtones du Canada entretiennent des traditions juridiques qui reflètent leurs besoins de gérer et de gouverner les ressources comme les relations (Curran et Napoleon, 2020), créant ainsi des attentes en matière de conduite appropriée (Borrows, 2005). Les traditions juridiques autochtones se manifestent historiquement dans les traités et les relations matrimoniales, comme par exemple *La Grande loi de la Paix* conclue entre les membres de la Confédération des Six nations Cayuga, Mohawk, Oneida, Onondaga, Seneca et Tuscarora (Borrows, 2005). En ce qui concerne la santé des végétaux, les traditions juridiques autochtones prévoient des conseils pour les pratiques culturelles de récolte sélective, d'élagage, d'aération du sol et de plantation (entre autres) qui démontrent leur respect pour les végétaux, garant de l'abondance future (Deur et James Jr., 2020). Les *Accords de la forêt pluviale du Grand Ours* en Colombie-Britannique fournissent un exemple de la manière dont la gestion de l'utilisation des terres peut refléter les traditions juridiques autochtones. Ainsi, les relations entre les plantes et les personnes, telles qu'envisagées par les Autochtones, peuvent s'exprimer dans le droit colonial, par le biais d'une approche de gestion des aires protégées dites *aires de conservation* (Curran, 2017). Ces Accords établissent des normes juridiques pour la prise de décisions gouvernementales, par le biais de plans d'utilisation des terres et d'objectifs fondés sur les écosystèmes, qui respectent l'ensemble des droits et des relations des peuples autochtones (Curran et Napoleon, 2020).

## 6.2 Systèmes de connaissances autochtones et pratiques de gestion des terres

La gestion et l'intendance des plantes par les peuples autochtones se poursuivent depuis des millénaires dans le monde entier, de même que sur le territoire maintenant reconnu comme le Canada, ce qui a permis le cumul des connaissances au fil du temps. Les plantes font partie intégrante de la vie des peuples autochtones du Canada depuis des temps immémoriaux et continuent de le faire aujourd'hui (Turner *et al.*, 2012; Kimmerer, 2013). Comme le mentionnent Turner *et al.* (2020), « le caractère et la diversité biologiques de l'Amérique du Nord portent depuis longtemps l'empreinte indélébile de la gestion et de l'intendance des Autochtones ». Ce fait n'a été reconnu que récemment par les descendants des colons, car les Européens considéraient l'Amérique du Nord comme un paysage « sauvage » plutôt que façonné à dessein (Deur et James Jr., 2020; Grenz, 2020). Au cours des siècles passés, l'éloignement des peuples autochtones de leurs territoires traditionnels a eu un certain nombre d'incidences environnementales sur les communautés végétales, notamment une réduction globale de la diversité biologique et de la résilience, ainsi qu'un risque accru d'incendies de forêt (p. ex. à la suite de l'interdiction du brûlage traditionnel dirigé des paysages) (Deur et James Jr., 2020).

### 6.2.1 Connaissances autochtones et reconnaissance des risques phytosanitaires

Les connaissances autochtones comprennent des données écologiques et environnementales sur la faune et la flore; elles permettent de comprendre comment les écosystèmes ont évolué au fil du temps. Les connaissances autochtones des écosystèmes se révèlent inestimables pour l'étude des changements dans les schémas météorologiques; de l'abondance, de la répartition et du développement saisonnier des plantes; ainsi que de la façon dont ces changements influencent les sols et les autres écosystèmes (Turner et Clifton, 2009).

#### Les connaissances autochtones englobent des fonctions écosystémiques multiples.

Les connaissances autochtones considèrent les écosystèmes non seulement à travers le prisme de l'approvisionnement (pour fournir de la nourriture, des matériaux ou des médicaments), elles embrassent aussi leurs rôles culturels et régulateurs. Ces connaissances évoluent parallèlement aux systèmes écologiques et sociaux, ce qui permet de comprendre comment faire face aux facteurs de stress et maintenir les fonctions écosystémiques en cas d'incertitude et de changement (Berkes et Turner, 2006; Gómez-Baggethun *et al.*, 2013). Par exemple, la communauté Anishinaabe de Shoal Lake, dans le nord-ouest de l'Ontario, a

recours à des feux dirigés de faible intensité pour amorcer des processus écologiques qui favorisent l’approvisionnement en nourriture (p. ex. en baies qui poussent après un incendie) et améliorent la biodiversité dans la forêt boréale, grâce au maintien d’une variété de stades de succession (Berkes et Davidson-Hunt, 2006). Ces pratiques traditionnelles viennent compléter le travail des incendies périodiques qui surviennent naturellement dans la forêt boréale, un écosystème qui se renouvelle grâce à des perturbations comme les feux de forêt. Les feux périodiques de faible intensité contribuent également à protéger le paysage contre des incendies plus graves, car ils créent des coupe-feu naturels et réduisent l’accumulation de combustibles (Berkes et Davidson-Hunt, 2006). Il existe de nombreux autres exemples de gestion autochtone des incendies ailleurs dans la forêt boréale (Miller *et al.*, 2010), ainsi que dans les forêts de la Colombie-Britannique (Lewis *et al.*, 2018).

### Les connaissances autochtones permettent de mieux comprendre comment les plantes s’adaptent aux changements environnementaux.

Les peuples autochtones du Canada réagissent et s’adaptent aux changements environnementaux depuis des millénaires (Turner et Clifton, 2009; Lepofsky *et al.*, 2020). Leurs connaissances s’étant accumulées au fil de multiples générations, elles sont donc particulièrement utiles pour comprendre les changements locaux à travers le temps (Turner et Spalding, 2013). La riche contribution des peuples autochtones à une meilleure compréhension, au suivi et à la gestion des effets des changements climatiques sur les végétaux est bien documentée (Turner et Clifton, 2009; Elk et Baker, 2020; RNCAN, 2020k). Songeons par exemple aux connaissances phénologiques traditionnelles entourant « le calendrier saisonnier de la croissance, du développement, de la reproduction et de la migration des espèces, des phénomènes qui se déroulent généralement selon une séquence prévisible basée sur les seuils de température, la durée du jour, l’humidité ou d’autres déterminants environnementaux » (Turner et Clifton, 2009). La connaissance du taux de variation attendu de l’abondance et de la productivité des espèces aide les collectivités à prévoir les tendances – des informations qui se révèlent particulièrement pertinentes dans un contexte de climat changeant (Turner et Clifton, 2009; Hill *et al.*, 2020). Les réponses communautaires aux changements environnementaux survenant au niveau local peuvent donc être éclairées par la connaissance expérientielle des stratégies d’adaptation (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013).

La surveillance exercée par les communautés autochtones et les communautés locales peut donc être une source importante de données de base et à long terme sur la situation phytosanitaire au sein des écosystèmes (Turner et Clifton, 2009). Par exemple, c’est grâce à la Première Nation Syilx Okanagan qu’on a pu identifier

plusieurs espèces principales, dont certaines sont des plantes, notamment la laléwisie à racine amère (*Lewisia rediviva*) et l'amélanche (*Amelanchier alnifolia*) (Terbasket et Shields, 2019). Le concept d'espèce principale s'apparente à celui d'*espèce clé* en écologie, où les activités et l'abondance d'une espèce particulière ont une incidence très forte sur la stabilité de la communauté par rapport aux autres espèces locales (Paine, 1969). En raison de leur rôle important dans l'écosystème, les espèces principales sont surveillées au fil du temps par le peuple Syilx Okanagan afin de maintenir la relation réciproque, garante d'abondance (J. Armstrong, communication personnelle, 2020). L'Okanagan Nation Alliance rassemble ainsi les connaissances collectives, comme des données sur la surveillance de ces espèces principales, ce qui favorise en retour la constitution d'une banque centrale de connaissances (ONA, 2017; J. Armstrong, communication personnelle, 2020).

### La perte des connaissances ancestrales constitue un risque pour la santé des végétaux comme pour les droits des Autochtones.

Les connaissances autochtones, et plus particulièrement les connaissances ethnobotaniques, se perdent au Canada (Turner et Turner, 2008) comme dans le reste du monde (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013). Les raisons en sont multiples, mais reflètent fondamentalement l'incapacité à protéger les droits et les usages des peuples autochtones par rapport à leurs terres (ONU, 2007; Turner et Turner, 2008; CVR, 2015). Plus précisément, cette perte de connaissances au Canada découle d'un héritage légué par l'histoire : adoption forcée de systèmes de connaissances non autochtones, répercussions des pensionnats, perte des langues autochtones, diminution de la participation aux pratiques traditionnelles et accès restreint à la terre – y compris aux ressources naturelles – en raison notamment des changements d'utilisation (Turner et Turner, 2008; CVR, 2015). Les menaces qui pèsent sur les connaissances des peuples autochtones ont des répercussions sur la santé des végétaux au Canada, car l'application de ce savoir traditionnel pour gérer et soigner les espèces végétales a contribué historiquement à la conservation des écosystèmes (Downing et Cuerrier, 2011). Une grande partie du savoir autochtone est le résultat d'observations à long terme à l'échelle locale, ainsi que des enseignements tirés des changements et des crises. C'est donc dire qu'une fois qu'il est perdu, il peut être impossible de le restaurer à court ou à moyen terme, avec comme conséquence une réduction des stratégies connues et de leur efficacité relative pour répondre aux changements climatiques comme aux perturbations (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013).

La perte des connaissances autochtones peut être considérée comme une atteinte aux droits de ces peuples (ONU, 2007); dans certains cas, elle est associée à un manque d'accès aux terres traditionnelles ou d'interactions avec elles. On craint

de plus en plus qu'un tel clivage n'aggrave les risques pour la santé des végétaux et des hommes. En effet, les populations autochtones sont de plus en plus coupées des connaissances traditionnelles et locales sur les plantes – c'est-à-dire qu'elles en viennent à oublier leur nom et leur histoire (Armstrong, 2020; H. Lickers, communication personnelle, 2020), tout en restant sous-représentées dans le secteur agricole (voir p. ex. CCRHA, 2019). Cette déconnexion entre les peuples autochtones et leurs terres, provoquée par la colonisation et la marginalisation continue, a rendu difficile (et dans certains cas, impossible) le maintien des connaissances traditionnelles par les communautés (Wilson, 2004; ONU, 2019). Par exemple, la diminution de l'accès aux aliments traditionnels a entraîné non seulement des changements dans le régime alimentaire des Autochtones, mais aussi un manque de transmission des pratiques culturelles touchant la collecte et la préparation des aliments d'une génération à l'autre (Shukla *et al.*, 2019). En éloignant les communautés autochtones de leurs terres traditionnelles, on passe aussi à côté de certaines occasions d'acquérir de nouvelles connaissances vitales. Cependant, des efforts sont en cours pour contrer cette perte dans certaines communautés et pour insuffler une nouvelle vie aux connaissances traditionnelles (Coté, 2016), y compris les connaissances particulières aux plantes (encadré 6.1). Depuis une décennie, des communautés autochtones s'efforcent ainsi de combler les fossés générationnels, tout en offrant aux jeunes la possibilité d'utiliser et de générer de nouvelles connaissances (Rutgers, 2021).

### Encadré 6.1 Le hangar à outils de la communauté de Lekwungen



Metulia (Victoria), dans l'actuelle Colombie-Britannique, se trouve sur les terres ancestrales des peuples Lekwungen et Wyomilth des Premières Nations Songhees et Esquimalt (Songhees Nation, 2021). Depuis des siècles, ces peuples gèrent leurs terres et dépendent des bulbes de *qwlháal* (c.-à-d. de camassie, *Camassia quamash*), qui poussent dans les savanes de chênes de la région. Bien que les Premières Nations de cette région aient autrefois récolté, cuisiné, consommé, célébré et échangé cet aliment traditionnel, la présence de la plante a considérablement diminué en raison des politiques foncières coloniales et de l'arrivée d'espèces envahissantes, notamment le genêt à balais (*Cytisus scoparius*), le lierre commun (*Hedera helix*) et les herbes non indigènes (Turner et Clifton, 2009).

(Continue)

(a continué)

En 2009, le Lekwungen Community Tool Shed (CTS) a donc été mis sur pied par Cheryl Bryce, une activiste de la Première Nation Songhees, afin de revitaliser à la fois la croissance du qwlháal et les traditions culturelles de la communauté (Corntassel, 2020). Le CTS de Lekwungen se réunit chaque mois dans les parcs locaux et sur les terres de la réserve afin d'éliminer les espèces envahissantes et d'encourager ainsi la croissance des bulbes. Comme cela se faisait traditionnellement, ce sont les femmes qui dirigent la récolte, et beaucoup d'entre elles incluent leurs filles dans les réunions. Les membres de la CTS ne demandent pas la permission de désherber dans les espaces publics, mais tirent leur autorité des ancêtres qui ont géré ces terres pendant des siècles. L'arrachage des mauvaises herbes et la récolte des bulbes ont fait plus que d'augmenter l'abondance du qwlháal. On a aussi créé de cette manière des occasions d'apprentissage intergénérationnel et de transmission des connaissances traditionnelles et locales (Corntassel, 2020).

Les risques existants pour la santé des végétaux et, plus largement, pour l'environnement, contribuent également à la perte des connaissances autochtones. Certains détenteurs de ces connaissances soulignent que les changements climatiques rendent plus difficiles la préservation et l'application des connaissances traditionnelles, en particulier lorsque l'environnement se modifie rapidement (Downing et Cuerrier, 2011). Enfin, il existe aussi des exemples de connaissances autochtones qui non seulement persistent, mais s'adaptent aux conditions contemporaines (voir p. ex. Gomez-Baggethun *et al.*, 2010; Rutgers, 2021). Il est donc important de considérer le savoir autochtone comme une base de connaissances dynamique (Gómez-Baggethun *et al.*, 2013).

### La surveillance menée par les Autochtones peut faire partie d'un système solide de protection et de gestion phytosanitaires.

La surveillance de l'environnement n'est pas une pratique nouvelle chez les peuples autochtones; de fait, d'autres programmes de surveillance incluent de plus en plus les Autochtones afin de tirer parti de leurs connaissances pour mieux comprendre les écosystèmes (Thompson *et al.*, 2019; Reed *et al.*, 2020; Henri *et al.*, 2021). Toutefois, dans bon nombre de ces cas, les peuples autochtones sont traités comme des parties prenantes qui, si elles apportent bien des connaissances importantes, n'ont pas d'influence sur la prise de décision (Reed *et al.*, 2020). L'une des façons d'incorporer des décisions prises par les Autochtones aux politiques phytosanitaires consisterait à soutenir les programmes de gardiens autochtones et à y recourir. De tels programmes ont été récemment mis en œuvre au Canada,

en Australie, en Nouvelle-Zélande et aux États-Unis. Ils fournissent une approche de la gouvernance environnementale collaborative avec les gouvernements autochtones. Il est important de noter qu'au sein de ces programmes, les gardiens autochtones agissent en tant qu'intendants environnementaux responsables de multiples fonctions, notamment la conception de plans de gestion de l'utilisation des terres, le partage des connaissances entre les générations et la surveillance des terres (Reed *et al.*, 2020).

L'Initiative de leadership autochtone collabore ainsi avec des partenaires à la création d'un réseau pancanadien de gardiens autochtones (ILA, s.d.). Dans le cadre de cette approche, les gardiens autochtones « appuie[nt] les nations autochtones qui honorent leur responsabilité culturelle en protégeant les terres et les eaux; ils sont ainsi les «yeux et les oreilles» des territoires traditionnels » (ILA, s.d.). Les gardiens sont des experts formés qui gèrent les aires protégées, restaurent les populations végétales, testent la qualité de l'eau, surveillent les activités de développement et co créent des plans d'utilisation des terres. Le réseau des gardiens est piloté par des Autochtones et encourage la collaboration entre les gouvernements autochtones, fédéral, provinciaux et territoriaux (ILA, s.d.). Le financement initial de l'Initiative émane du budget fédéral de 2018, qui a attribué 25 millions de dollars sur quatre ans en vue d'éclairer une approche à long terme pour l'établissement d'un programme pancanadien (ECCC, 2020c). Environ 70 programmes de gardiens autochtones sont actifs au Canada, du Labrador à la Colombie-Britannique (ILA, s.d.). En 2019–2020, le Pimachiowin Aki Guardians Network – financé par le programme pilote des gardiens autochtones jusqu'en 2022 – a créé, entre autres activités, une carte composite des aires de répartition comprenant données et informations sur la santé du paysage et de l'écosystème dans le site du patrimoine mondial Pimachiowin Aki (une forêt boréale de 2,9 millions d'hectares et un paysage culturel anishinaabe enjambant la frontière entre le Manitoba et l'Ontario). D'autres réalisations incluent la création d'un système de gestion pour intégrer le stockage, l'organisation et la récupération d'informations recueillies depuis 40 ans en provenance de sources diverses, et des rencontres avec les gouvernements provinciaux pour contribuer à mettre en phase les actions des gardiens et des gouvernements dans les efforts de surveillance, le calendrier et l'échange des informations (PAWHS, 2020).

## 6.2.2 Pratiques autochtones de gestion des terres

La gestion traditionnelle autochtone des ressources naturelles au Canada a des origines anciennes et se distingue des pratiques européennes plus récentes.

Le chef Robert Wavey de la Nation crie de Fox Lake au Manitoba écrit :

*On m'a souvent demandé de donner des exemples positifs de la gestion des ressources naturelles par les Premières Nations. La question sous-entend que la gestion des Premières Nations est un concept nouveau ou en développement, découlant des accords passés avec les gouvernements. Or, les Premières Nations du Canada n'ont jamais renoncé à leur rôle de gestion des ressources naturelles protégées par les droits autochtones. En fait, l'utilisation des ressources et leur intendance ont toujours été imbriquées chez nos peuples. De nombreux sites précis sont utilisés en permanence par nos communautés depuis des générations, ce qui témoigne du succès de la gestion directe existante et de l'intendance continue exercée par les communautés.*

Wavey (1991)

Les pratiques autochtones de gestion, de gouvernance et d'utilisation des terres sont diverses d'un bout à l'autre du Canada. Ces pratiques s'appuient sur les connaissances autochtones pour éclairer la prise de décision et sont souvent ancrées dans une vision traditionnelle des plantes, qui considère la réciprocité entre humains et végétaux comme un élément essentiel. Cette approche conduit en retour à des systèmes et stratégies de gestion des ressources végétales (p. ex. la surveillance et la reconnaissance des risques) qui tiennent compte des valeurs sociales et écologiques parallèlement aux valeurs économiques, et de la manière dont la santé des végétaux est liée à la santé globale des collectivités comme des écosystèmes. Dans une évaluation réalisée en 2019 par 150 experts du monde entier, qui ont passé en revue 15 000 publications scientifiques, ainsi que les connaissances autochtones et locales, la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) constate que les espaces écologiques directement sous le contrôle ou la gestion des communautés autochtones ont connu un déclin plus lent de la biodiversité à travers le temps par rapport aux autres (IPBES, 2019a). Des conclusions similaires ont été dégagées à l'échelle mondiale dans une étude réalisée en 2020 par la Rights and Resources Initiative, qui a constaté que les peuples autochtones conservent efficacement les forêts, les écosystèmes et la biodiversité grâce à la propriété collective, aux connaissances communautaires et aux méthodologies de gouvernance (RRI, 2020). L'utilisation des connaissances autochtones offre des occasions de respecter et d'adopter les principes comme les pratiques traditionnelles d'intendance, tout en permettant la cogestion des terres et des ressources, partagée entre les communautés autochtones et d'autres acteurs (Turner *et al.*, 2020) (encadré 6.2).



## Encadré 6.2 Le peuple Anicinape et la restauration du pin blanc

Le peuple Anicinape de Kitcisakik, au Québec, a pris l'initiative de réclamer une approche collaborative du reboisement et de nouveaux systèmes de gestion durable. L'objectif : créer un modèle forestier tenant compte des besoins de sa propre communauté, afin de rétablir le pin blanc sur ses terres ancestrales traditionnelles (Uprety *et al.*, 2017; Mulrennan et Bussieres, 2020). Le pin blanc est une espèce clé culturellement importante pour la communauté Anicinape. Cette espèce fournit médicaments, bois, sites culturels et points de repère, tout en offrant un habitat pour la faune et une valeur esthétique; elle favorise en outre la biodiversité (Uprety *et al.*, 2017).



Au fil des siècles, le nombre de pins blancs a considérablement diminué pour diverses raisons, notamment en raison des phytoravageurs, de la surexploitation et de la suppression des incendies. Ces dernières années, la consultation sur l'exploitation forestière a fait participer les Anicinape, leurs terres traditionnelles se trouvant sur ce qui est maintenant des terres publiques gérées par le gouvernement provincial et les entreprises forestières autorisées. En collaboration avec des universitaires et des industriels, les experts d'Anicinape ont créé un plan d'intendance autochtone qui tient compte des besoins de leur communauté. Le tout crée l'espace nécessaire à une relation de travail au sein de laquelle les Autochtones ne sont pas de simples acteurs parmi d'autres, mais bien des codécideurs (Uprety *et al.*, 2017)

### Les stratégies de gestion peuvent intégrer les connaissances autochtones et le savoir occidental<sup>13</sup>.

Les partenariats entre acteurs autochtones et non autochtones peuvent contribuer à appuyer la gestion des terres de toutes sortes, y compris les forêts, les exploitations agricoles et les écosystèmes naturels (IPBES, 2019a). Bien que les méthodes autochtones et les méthodes scientifiques soient toutes deux valables en

<sup>13</sup> Tout au long du présent chapitre, le terme « savoir occidental » fait référence au système de connaissances historiquement « guidé par des mesures empiriques et des principes abstraits contribuant à ordonner les observations et les mesures, afin de faciliter la vérification des hypothèses » (Agrawal, 1995), ce système étant souvent étayé par la méthode scientifique. Le comité d'experts utilise ce terme selon une acception en phase avec les recherches citées dans ce chapitre, en reconnaissant que de telles traditions entourant les connaissances ne sont pas exclusives aux systèmes occidentaux, et que tous les aspects du monde biophysique ne peuvent pas être mesurés ou testés.

soi, lorsqu'elles sont combinées, elles ont le potentiel fournir un portrait ou un plan d'action plus exhaustif (Clayoquot Sound Scientific Panel, 1995; Uprety *et al.*, 2012). Par exemple, des scientifiques de l'Université Simon Fraser ont dépouillé 1 000 études publiées pour recueillir les récits de plus de 90 000 personnes de 137 pays dont le mode de vie traditionnel dépend de la nature (Savo *et al.*, 2016). Ces récits ont été utilisés pour enrichir la science des changements climatiques, notamment en fournissant données numériques et modèles informatiques. Les chercheurs ont constaté que les expériences et les connaissances communiquées par les agriculteurs, les peuples autochtones et d'autres acteurs ayant une connaissance intime de leur environnement local – transmise de génération en génération – offraient une perspective plus ciblée pour étudier et comprendre les changements climatiques; c'est aussi un moyen d'apprendre comment les populations du monde entier perdent ou adaptent leurs modes traditionnels d'agriculture, de chasse et de cueillette, ainsi que leurs pratiques culturelles (Savo *et al.*, 2016).

Un autre exemple d'échange de connaissances entre experts autochtones et non autochtones nous est donné par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) – un groupe consultatif indépendant du gouvernement fédéral qui évalue la situation des espèces menacées d'extinction. Le COSEPAC intègre les *connaissances traditionnelles autochtones (CTA)* à son processus pour chaque évaluation d'une espèce sauvage (COSEPAC, 2019). De plus, le gouvernement fédéral a explicitement reconnu l'intégration du savoir autochtone dans certains processus décisionnels. Ainsi, la *Loi sur l'évaluation d'impact* (GC, 2019d) stipule que la science occidentale comme le savoir autochtone peuvent être utilisés dans les processus décisionnels relatifs aux études d'impact environnemental. Le comité note toutefois que l'échange des connaissances est complexe et qu'il doit se faire de manière respectueuse et culturellement appropriée, afin que toutes les parties concernées bénéficient de l'interaction (encadré 6.3).

### Encadré 6.3 Mise en commun des connaissances grâce à l'approche à double perspective et à la création d'un espace éthique

L'approche à double perspective (two-eyed seeing) – un terme et un concept définis par l'aîné mi'kmaq Albert Marshal – met l'accent sur la capacité d'envisager des perspectives multiples et fait participer les détenteurs de différents savoirs, sans nécessairement intégrer les systèmes de connaissances en tant que tels (Buck, 2019; Bannister, 2020). Dans ce sens, l'apprentissage puise à deux sources, « l'une étant les points forts des connaissances et des modes de connaissance autochtones, et l'autre, les points forts des connaissances et modes de connaissance occidentaux, les deux perspectives étant combinées au bénéfice de tous » (Bartlett *et al.*, 2012). De cette manière, l'approche à double perspective permet de reconnaître le savoir autochtone comme un système de connaissances à part entière, qui a sa place aux côtés des connaissances scientifiques occidentales. Dans le cadre de cette approche, les deux perspectives sont examinées simultanément et en collaboration lors de l'examen des questions scientifiques (Buck, 2019).

Le philosophe et éducateur cri Willie Ermine a avancé l'idée d'un espace éthique, où des cultures auparavant isolées peuvent se rencontrer :

*L'« espace éthique » se forme lorsque deux sociétés, aux visions du monde différentes, sont prêtes à dialoguer. C'est la réflexion sur les diverses sociétés et l'espace qui les sépare qui contribue à l'élaboration d'un cadre de dialogue entre les communautés humaines. L'espace éthique du dialogue propose un cadre permettant d'examiner la diversité et le positionnement des peuples autochtones et de la société occidentale dans la poursuite d'une discussion pertinente sur les questions juridiques autochtones et, en particulier, sur l'intersection fragile entre le droit autochtone et les systèmes juridiques canadiens.*

(Ermine, 2007)

L'espace éthique a été qualifié de concept essentiel par le Comité consultatif national dans son rapport sur la vision de la conservation au Canada – plus précisément, l'importance de travailler activement à la création d'un espace éthique de dialogue sous tous les aspects de la conservation de la biodiversité (CCN, 2018). Ce type d'espace

(Continue)

(a continué)

est particulièrement important pour l'intégration des systèmes de connaissances autochtones et occidentaux (CCN, 2018). L'importance de l'espace éthique a également été soulevée dans le rapport du Cercle autochtone d'experts sur la conservation dirigée par les Autochtones, qui recommande la création d'aires protégées et de conservation autochtones (APCA) (CAE, 2018), ainsi que par le Cercle du patrimoine autochtone dans ses recommandations à Parcs Canada concernant le dialogue avec les peuples autochtones (CPA, 2019).

Bien que le comité note que les concepts de double perspective et d'espace éthique peuvent être difficiles à intégrer pour les organismes de réglementation et les divers ordres de gouvernement, ils fournissent néanmoins des principes directeurs pour dialoguer avec les peuples autochtones et inclure leur savoir d'une manière culturellement appropriée et collaborative. Voilà qui va dans le sens de discussions plus récentes menées avec W. Ermine, qui suggère de ne plus considérer l'espace éthique comme un concept, mais plutôt comme un processus (Ermine, cité dans Bannister, 2020).

### Les approches de gestion autochtones prennent en compte les fonctions écosystémiques multiples.

Les approches de gestion autochtones prennent souvent en compte les utilisations multiples d'une zone de terre donnée. Ce type de prise de décision s'observe dans la foresterie communautaire, un domaine du secteur forestier en pleine évolution. La foresterie communautaire utilise une approche de gestion qui soutient des fonctions écosystémiques multiples et qui est compatible avec l'éthique autochtone de gestion des terres (Devisscher *et al.*, 2021). Dans la foresterie communautaire, les communautés locales ont un rôle prépondérant dans la gestion des forêts et la prise de décision concernant l'utilisation des terres (Teitelbaum, 2015). Le tout fonctionne selon les principes de la gouvernance participative et s'articule autour des droits de chacun, des avantages locaux, de l'intendance écologique et de la multifonctionnalité (Palmer *et al.*, 2015; Devisscher *et al.*, 2021).

Au Canada, la foresterie communautaire se trouve à la périphérie de l'élaboration des politiques, la plupart des terres forestières étant détenues par les gouvernements provinciaux et territoriaux et attribuées à des sociétés par le biais de vastes licences industrielles (Teitelbaum, 2015). Toutefois, des acteurs autochtones et non autochtones ont tous deux qualifié les initiatives de foresterie communautaire de très intéressantes solutions de rechange dans le secteur

forestier, car elles sont à même de prévoir un développement plus adapté aux conditions et aux objectifs locaux (Teitelbaum, 2015). Par exemple, dans le nord de l'Ontario, des formes plus résilientes de tenure ont été mises de l'avant grâce à la foresterie communautaire (Palmer *et al.*, 2015). Des partenariats régionaux ont ainsi commencé à se former entre les Premières Nations et les municipalités, l'industrie forestière soutenant de plus en plus de telles approches (Palmer *et al.*, 2015).

Dans l'Ouest, la forêt communautaire de Xaxli'p, en Colombie-Britannique, utilise la planification écosystémique pour éclairer la prise de décision (XCFC, 2018a). Ce type de planification assure « la protection, le maintien et la restauration de la diversité biologique, à toutes les échelles spatiales et temporelles », en reconnaissant une relation importante entre écosystèmes, cultures et économies (XCFC, 2018a). La forêt communautaire est gérée afin de « restaurer les écosystèmes dégradés et créer une économie communautaire durable basée sur des produits forestiers ligneux et non ligneux de haute qualité » en utilisant une planification basée sur les écosystèmes, dans une optique de durabilité écologique et culturelle (XCFC, 2018b). L'arrangement a été officialisé en 2011, lorsque le contrôle de la communauté de Xaxli'p sur l'utilisation et la gestion des terres a été reconnu par le gouvernement de la Colombie-Britannique. Avant cela, le territoire était dévolu à la foresterie industrielle (XCFC, 2018c).

Bien que ces exemples de foresterie communautaire puissent sembler isolés et n'avoir qu'un impact localisé, certains ont affirmé que, pris ensemble, ils peuvent avoir une influence sur l'orientation de la politique provinciale en matière de tenure forestière (Palmer *et al.*, 2015). De plus, de telles initiatives de foresterie communautaire sont favorisées par des réformes de la tenure entreprises dans plusieurs provinces. Ainsi, la Colombie-Britannique a introduit ses *Community Forest Agreements* en 1998 et en 2021, on comptait près de 60 forêts communautaires dans cette province (BCMFR, 1999; BCCFA, 2021). En Ontario, la réforme de la tenure a encouragé l'inclusion d'un plus grand nombre de collectivités locales et autochtones dans les accords de gestion des forêts, et plusieurs licences forestières sont maintenant détenues par des communautés autochtones (Gouv. de l'Ont., 2020c). Le secteur forestier canadien manifeste donc un intérêt, non encore concrétisé, à prendre ses distances vis-à-vis de la foresterie axée uniquement sur le bois; émergence d'une stratégie pancanadienne de voie biotechnologique<sup>14</sup>, incarnée par le *projet de la voie biotechnologique* (RNCAN, 2020i), en témoigne. Ce projet – comme d'autres axés sur la transition du secteur forestier vers la bioéconomie<sup>15</sup> – n'en est encore qu'à ses débuts : il est donc

14 Une voie biotechnologique est « une série de technologies apparentées autour desquelles s'articule l'avenir de l'industrie forestière » (RNCAN, 2020).

15 La bioéconomie « comprend les parties de l'économie qui utilisent des ressources biologiques renouvelables provenant de la terre et de la mer [...] pour produire des aliments, des matériaux et de l'énergie » (CE, 2019).

difficile de savoir comment de tels changements affecteront l'utilisation des terres forestières. Toutefois, étant donné l'importance qu'occupent les incidences environnementales et écologiques sur les voies biotechnologiques, le comité note que ces changements devraient favoriser les possibilités de gestion pour les fonctions écosystémiques multiples.

Plus largement, les pratiques agricoles et forestières des peuples autochtones « intègrent souvent des considérations économiques, environnementales, sociales et culturelles » (FAO, 2010). La mobilisation de l'expertise autochtone dans la gestion des systèmes végétaux est un atout important pour relever les défis présents et futurs liés à la santé des végétaux (FAO, 2010). Par exemple, les jardins forestiers autochtones de la Colombie-Britannique étaient autrefois des écosystèmes gérés caractérisés par des espèces de fruits, de noix et d'arbustes distinctes des forêts de conifères qui entouraient ces lieux (Armstrong *et al.*, 2021). Plus de 150 ans après que l'occupation coloniale eut déplacé les communautés autochtones qui s'occupaient de ces jardins, ceux-ci continuent de se distinguer de la forêt environnante par leur richesse en espèces considérablement plus élevée – y compris des espèces alimentaires importantes plantées en dehors de leur aire d'origine, comme le noisetier à long bec (*Corylus cornuta*) et le pommier du Pacifique (*Malus fusca*) – ainsi que par leur régularité et divergence fonctionnelles (Armstrong *et al.*, 2021). La régularité et la divergence fonctionnelles sont le reflet de l'abondance de chacune de ces espèces. Celles-ci occupent un espace de niche et se caractérisent par la diversité de leurs fonctions écosystémiques (Mason *et al.*, 2005). Ces caractéristiques contribuent à la résilience de l'écosystème et expliquent probablement la persistance des jardins forestiers face à la succession de forêts de conifères envahissantes (Armstrong *et al.*, 2021).

### Les Premières Nations et les Métis constituent un segment croissant de la population agricole.

Les peuples autochtones sont souvent exclus du récit de l'agriculture traditionnelle dans les Prairies (Arcand *et al.*, 2020). Pourtant, ils sont ancrés dans l'agriculture par le biais de réseaux commerciaux précoloniaux (Boyd et Surette, 2010), de dispositions agricoles comprises dans les traités numérotés (RCAANC, 2020), de même que par l'intermédiaire de l'agriculture autochtone et de la location agricole sur des terres de réserves leur appartenant (Arcand *et al.*, 2020). Dans le contexte agricole, les populations autochtones disposent de connaissances et de compétences précieuses à même de contribuer à la gestion phytosanitaire. Ainsi, de nombreuses pratiques agricoles autochtones ont démontré adaptabilité et résilience au fil du temps. Par exemple, le système de culture intercalaire dit « des Trois Sœurs » – constitué de maïs, de haricot (*Phaseolus* sp.) et de courge

(*Cucurbita* sp.) et pratiqué par les peuples autochtones des Amériques depuis des générations – augmente le rendement global en protéines des trois cultures par rapport à chacune d’elles prise séparément (Mt. Pleasant, 2016).

Dans les Prairies, l’agriculture a été utilisée par le gouvernement du Canada pour assimiler les membres des Premières Nations (Tang, 2003). Rappelons qu’au début des années 1880, les agriculteurs des Premières Nations des Prairies étaient compétitifs dans l’économie agricole, mettant au point de nouvelles techniques adaptées à culture en terre sèche, plantant de nouvelles cultures indicatrices et adoptant avec succès un mode de vie agraire collectif, comme l’illustre la colonie agricole de File Hills sur la réserve de Peepeekisis. Cependant, les politiques adoptées par le gouvernement fédéral ont effectivement saboté la réussite future de l’agriculture des Premières Nations afin de protéger les agriculteurs non autochtones contre la concurrence (Tang, 2003). C’est ainsi que la *Loi sur les Indiens* (1876) et ses amendements successifs ont interdit aux Premières Nations l’exploitation collective des terres et instauré en toute illégalité un système de permis limitant la vente de leurs produits (Daschuk, 2015).

Pourtant, malgré ces obstacles qui perdurent depuis des décennies, les membres des Premières Nations continuent de participer au secteur agricole au Canada, en tant qu’agriculteurs, propriétaires négociant des contrats de location avec des agriculteurs non autochtones, et entrepreneurs agro-industriels (Arcand *et al.*, 2020). Ainsi, l’*Accord-cadre sur les droits fonciers issus de traités*, signé entre les Premières Nations, le gouvernement fédéral et celui de la Saskatchewan en 1992, a permis à 25 Premières Nations d’acquérir près d’un million d’hectares afin de remédier aux pénuries de terres qui leur avaient été promises à l’origine dans les Traités n<sup>os</sup> 4 et 6 (RCAANC, 2015). Le nombre limité d’agriculteurs des Premières Nations ayant une connaissance directe des activités agricoles reste un défi permanent (Arcand *et al.*, 2020). Lors d’un forum sur la revitalisation de l’agriculture autochtone auquel participaient 62 Autochtones membres de 24 Premières Nations de la Saskatchewan, Arcand *et al.* (2020) ont constaté un intérêt croissant pour la souveraineté alimentaire et les plans d’utilisation des terres mettant l’accent sur la santé et la durabilité des écosystèmes. On entend également des appels à la création d’économies agricoles souveraines qui appuieraient les objectifs économiques et culturels définis par les communautés, y compris une revitalisation des pratiques traditionnelles de cultures alimentaires fondées sur les relations traditionnelles avec la terre. Même si de nombreuses personnes reconnaissent que les terres de réserve continueront probablement à soutenir l’agriculture commerciale à grande échelle parce qu’elles sont source de revenus, il existe également un désir de changement de politiques et de renforcement des capacités, afin d’accorder une plus grande mainmise autochtone

« sur les résultats économiques, sociaux, culturels et environnementaux des activités agricoles » (Arcand *et al.*, 2020).

Les personnes s'identifiant comme autochtones représentaient environ 3 % de la population agricole au Canada en 2016, soit 15 765 individus – une augmentation de 21 % par rapport à 1996, alors que pendant la même période, la population agricole totale diminuait de 39 % (Gauthier et White, 2019). Les Métis constituent la plus grande proportion de la population agricole autochtone (70 %), suivis des membres des Premières Nations (26 %), des Inuits (1 %) et de ceux qui se réclament d'origines autochtones multiples ou d'identités non incluses dans l'enquête (3 %) (Gauthier et White, 2019). Inversement, en 2020, 7 % de la main-d'œuvre du secteur forestier s'identifiaient comme autochtones (RNCan, 2020k) comparativement à la main-d'œuvre totale du Canada, d'origine autochtone dans une proportion de 4 % (StatCan, 2021b).

### 6.3 Répercussions de la mauvaise santé des végétaux sur les communautés autochtones

Dans le monde entier, les peuples autochtones sont touchés de manière disproportionnée par la dégradation de l'environnement et les activités de développement qui ont un impact négatif sur les écosystèmes, ainsi que sur leurs moyens de subsistance, leurs cultures et leur nutrition (FAO, 2010). Non seulement les impacts sont-ils répartis de manière inéquitable, mais les populations autochtones n'ont pas non plus pris part aux processus décisionnels qui ont entraîné de tels préjudices.

#### La perte de l'habitat végétal a des conséquences néfastes uniques pour les peuples autochtones.

Les changements d'affectation des sols (qui passent p. ex. à la foresterie, à l'extraction pétrolière ou à l'exploitation minière), combinés aux changements climatiques et à l'introduction d'espèces envahissantes, ont contribué à la dégradation des écosystèmes et ont exacerbé la perte de l'accès des peuples autochtones aux zones de récolte et aux aliments traditionnels au Canada (Turner, 2020). Ces changements posent des risques notables pour la sécurité alimentaire des communautés autochtones. Les changements climatiques ont déjà contribué à réduire la disponibilité et la qualité des aliments traditionnels, ainsi que la capacité de chasser et de récolter chez les communautés inuites du Nord – une situation qui, en retour, a abaissé la qualité de leur alimentation (Beaumier et Ford, 2010; Wesche et Chan, 2010). Bien que la plupart des aliments traditionnels touchés soient des espèces animales, de multiples baies ayant une importance nutritionnelle (p. ex. la chicouté, *Rubus chamaemorus*) ont également été affectées (Wesche et Chan, 2010). Les peuples autochtones signalent que les



baies sont de plus en plus difficiles à trouver, que leur qualité décline, qu'elles pourrissent plus rapidement et qu'elles sont plus sujettes aux dommages causés par les insectes (Downing et Cuerrier, 2011). L'airelle à feuilles membraneuses (*Vaccinium membranaceum*), une espèce végétale importante sur le plan nutritif et culturel pour les Premières Nations de la Colombie-Britannique (Trusler et Johnson, 2008), en est un exemple. Une modélisation récente montre que l'habitat de l'airelle diminuera dans la majeure partie de son aire de répartition actuelle et que la fructification commencera plus d'un mois plus tôt, ce qui aura une incidence sur le lieu et le moment de la récolte traditionnelle (Prevéy *et al.*, 2020). Pour les communautés autochtones, l'utilisation des plantes pour l'alimentation, les matériaux et la médecine est un élément fondamental de l'identité culturelle, de sorte que les changements induits par le climat dans la distribution des espèces végétales entraîneront également des pertes culturelles (Downing et Cuerrier, 2011).

### L'utilisation croissante des plantes traditionnellement cueillies dans la nature les expose à un risque de surexploitation.

La phytothérapie gagne en popularité au Canada, et de nombreuses herbes médicinales sont principalement cueillies dans des habitats naturels (Westfall et Glickman, 2004). Par conséquent, certaines populations de plantes utilisées par les peuples autochtones sont menacées de surexploitation. Il n'existe pas de système officiel de comptabilisation de la cueillette dans la nature : on retrouve donc peu d'informations sur les plantes récoltées, leur provenance et leur quantité (Westfall et Glickman, 2004). Des politiques et des règlements pourraient protéger ces plantes importantes contre la surexploitation par les populations non autochtones, Westfall et Glickman (2004) proposant des systèmes de surveillance comme élément de solution. La reconnaissance des lois et des pratiques de gestion autochtones pourrait également jouer un rôle dans la réduction des menaces liées à la surexploitation. Par exemple, les femmes gwich'in des Territoires du Nord-Ouest contrôlent l'allocation des baies (une ressource alimentaire importante) par le biais de l'interprétation et de l'application du droit des ressources du peuple Gwich'in (Napoleon et Overstall, 2007). Les activités de récolte sont ainsi régies par le contrôle de l'accès, de l'information et du partage de la récolte, qui dépendent de facteurs comme la rareté ou l'abondance des baies, les conditions environnementales, ainsi que les responsabilités sociales et les relations de parenté (Napoleon et Overstall, 2007).

## 6.4 Participation des Autochtones au système de contrôle phytosanitaire

Alors que les décideurs politiques au Canada ont longtemps négligé les points de vue des communautés autochtones, des détenteurs de droits et des experts, la nécessité d'inclure une représentation autochtone – qui va au-delà de la simple consultation – est maintenant bien connue, en plus d'être une exigence légale (Brideau, 2019; GC, 2019c). Voilà qui concerne directement la santé des végétaux: comme nous l'avons vu dans les sections 6.1 et 6.2, les peuples autochtones détiennent non seulement des droits sur les terres où poussent les plantes, mais aussi des connaissances et une expertise uniques sur les végétaux et la façon dont ils se sont adaptés au fil du temps.

### Les peuples autochtones jouent un rôle crucial dans l'amélioration du système de contrôle phytosanitaire du Canada.

Bien que les communautés autochtones brillent par leur absence dans la liste des partenaires clés de l'ACIA (ACIA, 2017b), les connaissances autochtones ont été reconnues dans des présentations plus informelles de l'Agence comme une composante importante d'un système amélioré de prise de décision en matière phytosanitaire (Bilodeau, 2020). Les voix des Autochtones sont essentielles dans de nombreux domaines touchant la santé des végétaux, en raison de leur expertise unique, de leur capacité de gestion et de gouvernance, ainsi que des différents usages qu'ils font des terres à travers le Canada. Il ne faut pas non plus oublier l'engagement de la Couronne à protéger leurs droits, tels que reconnus par la Constitution. Dans certains secteurs du gouvernement, on reconnaît ainsi de plus en plus le rôle important que peut jouer la gouvernance autochtone sur les terres pour préserver la santé des écosystèmes et la biodiversité, tout en laissant libre cours aux activités culturelles traditionnelles (encadré 6.4).

## Encadré 6.4 Aires protégées et de conservation autochtones

En 2017, le Cercle autochtone d'experts (CAE), un groupe composé de membres autochtones et non autochtones, a recommandé à Parcs Canada de créer des aires protégées et de conservation autochtones (APCA), où les gouvernements autochtones « jouent un rôle primordial dans la protection et la conservation des écosystèmes grâce à la gouvernance, aux systèmes de savoirs et au droit autochtones » (CAE, 2018). Les APCA, qui englobent des terres, des voies navigables et des parcs tribaux, partagent trois caractéristiques essentielles : elles sont « dirigées par des Autochtones », « reflètent un engagement à long terme en faveur de la conservation » et « élèvent les droits et responsabilités des Autochtones » (CAE, 2018). Dans ces aires, les gouvernements autochtones occupent le premier rôle dans « la détermination des objectifs, des limites, des plans de gestion et des structures de gouvernance » (CAE, 2018).

Les APCA sont plus que ces lieux de conservation qui, dans le passé – suite à la création des parcs protégés – ont dans les faits limité l'utilisation des terres autochtones et ont eu des effets profondément néfastes sur les communautés (Spalding, 2020). Les APCA sont plutôt envisagées comme des espaces de régénération culturelle où les communautés peuvent créer des moyens de subsistance durables; enseigner; apprendre; ainsi que restaurer les terres, les eaux et les modes de vie comme les traditions culturelles (Linnitt, 2018; Mulrennan et Bussieres, 2020). Bien qu'il n'y ait pas encore d'APCA officiellement reconnue au Canada, il existe plusieurs parcs tribaux. Il s'agit notamment du parc tribal Dasiqox, du parc tribal K'ih tsaa?dze et du parc tribal Tla-o-qui-aht, tous situés en Colombie-Britannique (Fondation David Suzuki, 2018). Ces parcs ont été décrits comme « un modèle de gestion des terres au Canada qui soutient à la fois l'écosystème et l'utilisation humaine de la terre » (Fondation David Suzuki, 2018).

Les ONG dirigées par des Autochtones, ou celles qui se concentrent sur des questions particulièrement pertinentes pour eux, peuvent servir d'intermédiaires importants entre les communautés et les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux en fournissant des ressources pour renforcer les capacités et le soutien locaux, et en plaidant pour l'intégration des connaissances autochtones dans la prise de décision (CAC, 2019a). Par exemple, la National Aboriginal Forestry Association (NAFA) encourage la pratique d'une gestion des forêts responsable et la participation des communautés autochtones au secteur forestier.

Grâce à cette approche, la NAFA travaille à l'autonomisation économique des communautés autochtones, tout en protégeant les terres ayant une importance culturelle et spirituelle par le biais de pratiques traditionnelles holistiques (NAFA, s.d.).

Le SCF a reconnu la valeur intrinsèque du savoir autochtone et a œuvré à l'intégration d'une approche collaborative, ayant recours à la cocréation du savoir qui combine les connaissances occidentales et autochtones dans ses pratiques (RNCAN, 2020k). Un exemple de surveillance pancanadienne utilisant ces types d'approches collaboratives est BudCam, un réseau qui surveille les effets des changements climatiques sur le moment du premier débourrement de l'épinette noire (*Picea mariana*). L'épinette noire est présente dans toute la forêt boréale, et un réseau de surveillance adéquat se doit donc de couvrir une aire géographique considérable. Cela a conduit à des occasions de collaboration, et plusieurs Premières Nations participent maintenant à ce réseau d'un bout à l'autre du pays (RNCAN, 2020h). L'objectif est d'échanger des connaissances sur le territoire, mais aussi de créer ensemble des connaissances (RNCAN, 2020k).

Bien que les connaissances autochtones aient été intégrées dans certaines stratégies gouvernementales, comme nous l'avons vu plus haut, elles n'ont pas été utilisées pour éclairer la prise de décision en matière de santé des végétaux à grande échelle. L'incapacité à intégrer une approche de gestion plus holistique des risques phytosanitaires dans le cadre réglementaire et décisionnel représente un risque de gouvernance pour la santé des végétaux – toutes les connaissances disponibles n'étant pas intégrées dans la politique.

# Réponse au mandat

- 7.1 Risques actuels et émergents pour la santé des végétaux
- 7.2 Lacunes du système de contrôle phytosanitaire
- 7.3 Pratiques prometteuses en matière de gestion des risques phytosanitaires
- 7.4 Réflexions du comité

Des plantes en santé ont une valeur intrinsèque pour la population et les écosystèmes du Canada. Les plantes créent de la valeur en alimentant, régulant et soutenant les fonctions écosystémiques, comme la production de nourriture et de fibres, la régulation du climat et de l'eau, et le cycle des nutriments. En retour, ces fonctions procurent des avantages économiques, environnementaux, sociaux et culturels. Les végétaux dépendent de différents composants de l'environnement, notamment le sol, la température et la disponibilité de l'eau, ainsi que d'autres organismes, comme les pollinisateurs et les champignons bénéfiques. Ils fournissent des ressources alimentaires à d'autres organismes. En effet, la grande majorité de la vie sur Terre, y compris les humains, dépend de la production végétale primaire. Les risques pour la santé des végétaux menacent ainsi l'économie du Canada, la production alimentaire, les activités forestières et de nombreuses autres fonctions écosystémiques (p. ex. qualité de l'air, bien-être social, fixation du carbone) que les plantes fournissent. Parmi ces risques phytosanitaires, on compte la perte de la capacité des populations autochtones à accéder à la terre, à la gérer et à en prendre soin selon des méthodes traditionnelles importantes pour le maintien de leurs moyens de subsistance et de leurs cultures. La santé des végétaux a également une incidence sur la biodiversité et la santé des écosystèmes canadiens, ainsi que sur la vie quotidienne des gens au Canada. Ces aspects influent en retour sur la santé des végétaux.

Reconnaissant la dépendance considérable de l'économie, de l'environnement et des personnes au Canada à l'égard des plantes, le CAC a reçu le mandat de l'ACIA de réunir un comité d'experts afin d'évaluer la question suivante et les sous-questions connexes :



### Quels sont les risques actuels et émergents<sup>16</sup> les plus importants pour la santé des végétaux au Canada?

- Quelles sont les lacunes du système de contrôle phytosanitaire canadien en matière de détection et de traitement des risques actuels et émergents pour la santé des végétaux?
- Quelles pratiques de gestion des risques prometteuses et dominantes, y compris les indicateurs<sup>17</sup> et les mesures<sup>18</sup>, pourraient être utilisées pour améliorer la capacité du système de contrôle phytosanitaire canadien à s'adapter et à réagir aux risques actuels et émergents?

## 7.1 Risques actuels et émergents pour la santé des végétaux

Les risques pour la santé des végétaux sont multiples, interdépendants et complexes. Le comité a déterminé que la détection et la priorisation des risques précis et individuels pour la santé des végétaux ne suffiraient pas pour saisir toute la portée du mandat, étant donné différents facteurs en présence : la diversité de la flore au Canada; la variété des systèmes de gestion et des acteurs, tant au sein de l'agriculture, de la foresterie et des écosystèmes naturels qu'entre eux; la complexité des responsabilités partagées entre les gouvernements fédéral, provinciaux, territoriaux, municipaux et autochtones; ainsi que les différents rôles assumés par les ONG, l'industrie, le monde universitaire et les propriétaires privés – entre autres – dans le soutien à la santé des végétaux.

Il existe également diverses approches de la gestion des risques phytosanitaires au Canada, qui reflètent le contexte local, les différentes hiérarchisations des valeurs parmi les acteurs, et la faisabilité de différentes stratégies pour des situations particulières. La production agricole, les types de cultures, les stratégies et objectifs de gestion des risques et la dépendance économique envers l'agriculture varient selon les régions, tout comme les exploitations forestières, les pratiques de gestion et la dépendance économique envers la foresterie et les produits forestiers. Les valeurs culturelles, les effets des changements climatiques

16 Les risques liés aux changements climatiques, à la circulation des personnes et des marchandises, à l'adoption de nouvelles cultures et pratiques et à l'évolution des pratiques d'utilisation des sols présentent un intérêt particulier.

17 Les indicateurs comprennent ceux utilisés pour déterminer les seuils de tolérance aux risques phytosanitaires.

18 Les mesures comprennent celles utilisées pour évaluer l'efficacité des mesures de prévention ou d'atténuation.

et les priorités en matière de conservation diffèrent également d'un bout à l'autre du pays. Par exemple, les visions du monde autochtones reflètent une compréhension des relations entre les plantes et les humains qui définit les priorités et les responsabilités différemment des approches scientifiques commerciales ou occidentales, mais qui peut aussi différer d'une communauté autochtone à l'autre à l'échelle géographique du Canada. La gravité potentielle des dommages causés à la santé des végétaux et découlant des risques varie également d'un secteur et d'une localité à l'autre – ainsi qu'au fil du temps – et peut se révéler différente pour un agriculteur, une société d'exploitation forestière ou un exploitant de serre; un organisme de réglementation provincial ou territorial; une communauté autochtone ou encore une organisation de commerce mondial. Il n'y a donc pas de consensus sur la caractérisation, la hiérarchisation ou la pertinence des mesures d'atténuation des risques phytosanitaires individuels entre divers acteurs qui ont des perspectives différentes et parfois contradictoires. En même temps, il existe des points communs entre les perspectives lorsqu'il s'agit de caractériser les plantes et les écosystèmes végétaux qui sont vulnérables aux risques, ainsi que des points communs dans les stratégies de soutien de la résilience.

Dans cette optique, le comité a déterminé dix catégories de risques phytosanitaires dans trois domaines clés (tableau 7.1) : i) l'environnement, qui englobe à la fois les éléments biotiques (c.-à-d. vivants, p. ex. les pollinisateurs) et abiotiques (non vivants, p. ex. les conditions météorologiques) qui soutiennent le fonctionnement des plantes, et ii) les organismes qui y sont nuisibles, notamment les prédateurs, les concurrents et les agents pathogènes. Le comité a également noté le rôle d'ensemble que les humains – y compris les sociétés et les institutions – jouent dans la santé des végétaux. Les risques comprennent donc iii) ceux liés à la gouvernance (touchant le fonctionnement et l'exploitation du système de contrôle phytosanitaire lui-même) ainsi que les risques créés ou exacerbés par l'exclusion comme l'altération des communautés, pratiques et connaissances autochtones. Il faut noter que de nombreux risques concernent plusieurs types d'écosystèmes (cellules grises du tableau 7.1), ce qui suggère des possibilités de mobilisation et de coordination pour y réagir.



**Tableau 7.1 Dix catégories de risques phytosanitaires, caractérisées par le risque et le type d'écosystème principalement affecté, avec exemples**

Type de risque	Catégories de risques	Exemples tirés du rapport	Type d'écosystème primaire		
			Foresterie	Agriculture	Écosystèmes naturels
Environnement	Changements climatiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Changements à long terme touchant les températures et les précipitations</li> <li>Phénomènes météorologiques extrêmes plus fréquents et plus intenses</li> </ul>			
	Perte de la santé du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitations biologiques, physiques et chimiques (p. ex. diversité fonctionnelle microbienne, dureté, salinité)</li> </ul>			
	Perte des services de pollinisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Déclin des populations de pollinisateurs</li> <li>Mésappariements phénologiques entre les plantes et les pollinisateurs</li> </ul>			
	Perte d'habitat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manque de capacité de dispersion et d'adaptation des populations végétales</li> </ul>			
	Introduction et propagation des organismes nuisibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introductions d'organismes nuisibles par le biais des matériaux d'emballage, des conteneurs et du sol</li> <li>Introduction de graines d'adventices (mauvaises herbes) par le biais de céréales importées</li> <li>Importations de produits horticoles et paysagers qui se révèlent nuisibles</li> <li>Propagation des organismes nuisibles par les infrastructures routières, le commerce intérieur et les déplacements</li> <li>Mécanismes de dispersion naturels (p. ex. vent, eau, animaux)</li> </ul>			
Organismes nuisibles	Contrôle des populations d'organismes nuisibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Outils et stratégies devenus inutilisables en raison de l'adaptation des populations de nuisibles</li> <li>Manque de résilience dû au manque de diversité temporelle et spatiale</li> </ul>			
	Manque d'outils et de stratégies	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacité limitée de gérer, d'analyser et d'interpréter les mégadonnées</li> <li>Recherche et développement insuffisants de divers outils et stratégies</li> <li>Accès et application limités relativement aux outils et stratégies pour différents contextes</li> </ul>			
Gouvernance	Lacunes dans la communication et la coordination	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paradigmes phytosanitaires concurrents et diversité des objectifs</li> <li>Duplication des efforts ou manque de clarté dans le système de gouvernance phytosanitaire</li> <li>Manque de coordination et de communication entre les acteurs concernés</li> </ul>			
	Manque de mobilisation et de confiance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manque de confiance du public envers le système réglementaire</li> <li>Incapacité à mobiliser efficacement différents publics</li> </ul>			
	Exclusion des populations et des pratiques autochtones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perte des connaissances et des pratiques autochtones liées aux plantes</li> <li>Limitation ou perte de l'accès aux terres et à l'apprentissage par la terre</li> <li>Incapacité à tirer des enseignements des pratiques de gestion autochtones et à les soutenir</li> <li>Manque d'inclusion dans la planification, la prise de décision et la mise en œuvre</li> </ul>			

## Les facteurs aggravants créent une demande permanente à l'égard de la recherche, des ressources et de l'innovation.

Prédire la probabilité comme l'incidence de risques précis à un moment ou dans un lieu donné est une tâche complexe, assortie d'incertitudes. C'est là une partie du défi consistant à reconnaître les risques actuels et émergents pour la santé des végétaux. Par exemple, une nouvelle espèce nuisible introduite par le commerce international peut avoir une aire de répartition limitée aux zones proches d'une installation portuaire et une incidence initialement mineure (ou passant largement inaperçue) sur la santé des végétaux au Canada. Toutefois, au fil du temps, les conditions environnementales peuvent devenir plus propices à la croissance et à l'expansion des populations de nuisibles. Ces changements peuvent être dus à une modification des pratiques d'utilisation des terres, à la plantation d'une culture sensible, à des températures hivernales exceptionnellement douces ou à tout autre facteur anthropique, y compris les changements climatiques. Les changements dans les relations entre les plantes et les organismes nuisibles peuvent également être le résultat d'une adaptation de la population de nuisibles à de nouvelles conditions environnementales ou à de nouvelles espèces hôtes, ou d'un changement dans la sensibilité des populations végétales au nuisible en raison, par exemple, d'une perte de diversité génétique. En l'absence d'une surveillance et d'un suivi rigoureux, la répartition d'une espèce nuisible au Canada pourrait s'étendre considérablement avant que les répercussions ne soient détectées, ce qui pourrait entraîner des dommages importants.

Ce scénario généralisé reflète la difficulté de caractériser et de hiérarchiser un risque donné pour la santé des végétaux en raison des facteurs aggravants que sont les changements climatiques, la circulation des personnes et des marchandises et les processus évolutifs, qui peuvent accroître la fréquence et la rapidité des événements indésirables. L'atténuation des risques dans un paysage aussi dynamique n'est pas une tâche insurmontable, mais nécessite une réflexion et des investissements dans des domaines stratégiques clés :

- Réduire la vulnérabilité des écosystèmes végétaux à l'établissement et à la croissance des populations d'organismes nuisibles.
- Améliorer la détection et le contrôle des introductions d'organismes nuisibles par la surveillance, le suivi, la coordination et la communication.
- Atténuer les incidences des changements de l'environnement biotique et abiotique grâce à des stratégies visant à améliorer les outils et les ressources disponibles pour gérer les événements indésirables.
- Renforcer la résilience des écosystèmes végétaux qui subissent des événements indésirables en rehaussant la biodiversité et la redondance fonctionnelle.

- Adapter la gouvernance du système de contrôle phytosanitaire à un paysage de risques dynamiques et imprévisibles, en utilisant des stratégies pour améliorer la prévision et la planification de scénarios, favoriser l'innovation et englober une diversité de systèmes de connaissances, de pratiques de gestion et de perspectives.

Une approche de gestion continue peut être utile pour aborder un paysage de risques dynamique, en favorisant un processus itératif et adaptatif centré sur la communication et la documentation (voir la figure 2.2 à titre de rappel). En outre, les pratiques et les stratégies visant à réduire la vulnérabilité (p. ex. surveillance et suivi rigoureux des changements chez les populations d'organismes nuisibles) et à accroître la résilience (p. ex. la redondance fonctionnelle dans les écosystèmes végétaux) peuvent contribuer à réduire la probabilité et les incidences potentielles des risques phytosanitaires.

### Il y a lieu d'évaluer les indicateurs et les paramètres appropriés et pertinents dans tous les aspects du système de contrôle phytosanitaire.

Les indicateurs phytosanitaires comprennent des mesures des fonctions écosystémiques d'intérêt, comme la qualité de l'eau ou le rendement des cultures. Les paramètres peuvent être quantitatifs, comme les estimations du rendement des cultures ou de la production de bois d'œuvre, le nombre de visiteurs dans une zone naturelle, les estimations de la diversité ou de l'abondance des espèces, ou le coût économique du contrôle des espèces envahissantes. Cependant, les paramètres phytosanitaires peuvent également être qualitatifs, comme la capacité à entretenir un sentiment d'appartenance communautaire, le bien-être des agriculteurs ou la possibilité de prendre part à des pratiques traditionnelles.

La mesure de l'efficacité des interventions de gestion forme une part essentielle de l'approche adaptative. Cependant, ces mesures diffèrent selon les systèmes végétaux et les fonctions écosystémiques concernés, et peu d'entre elles font l'objet d'un suivi constant ou répété dans le temps comme dans l'espace. En outre, des technologies comme l'agriculture de précision et les tests ADN augmentent rapidement la capacité à mesurer et à détecter une grande variété de facteurs biotiques et abiotiques. L'interprétation de ces données (y compris les déductions portant sur l'état phytosanitaire tirées des données saisies par les capteurs) et leur accessibilité pour les praticiens (afin qu'elles puissent éclairer la prise de décision) sont des domaines en plein développement. Bien que le présent rapport donne des indicateurs et des paramètres phytosanitaires à titre d'exemple, un examen approfondi de ces derniers justifierait un rapport à part entière, de tels exercices

ayant d'ailleurs été réalisés par le passé<sup>19</sup>. Le développement de nouvelles méthodologies – y compris les innovations technologiques et pratiques, ainsi que les progrès des méthodes statistiques – associé à la complexité et à l'incertitude introduites par les facteurs aggravants offre une opportunité de revoir ces exercices. Le comité note que les paramètres choisis ont tendance à déterminer les types de stratégies de gestion employées (c.-à-d. qu'on « gère ce qu'on mesure »), suggérant qu'un examen attentif et délibéré des indicateurs et des paramètres phytosanitaires serait justifié pour éclairer les décisions politiques futures.

## 7.2 Lacunes du système de contrôle phytosanitaire

La diversité du Canada – en ce qui a trait aux écosystèmes végétaux, à la géographie, aux valeurs, aux objectifs et aux perspectives – représente une force. Divers acteurs ont pour mandat de protéger la santé des végétaux, d'établir des priorités et de mettre en œuvre des stratégies pour faire face aux risques propres à leurs régions et à leurs intérêts. Cependant, des priorités différentes et la répartition des responsabilités entre divers acteurs peuvent également entraîner des lacunes dans la mise en œuvre et l'évaluation des mesures de gestion visant à prévenir les risques phytosanitaires, à les atténuer et à s'y adapter.

### Le manque de communication peut créer des lacunes dans les efforts de surveillance et d'atténuation, ainsi que des occasions manquées de collaboration.

Faisant partie d'un système commercial mondial, le Canada (comme tous les pays) doit trouver un équilibre entre, d'une part, ses obligations internationales et, d'autre part, les intérêts économiques nationaux, la sécurité publique et la protection écologique. La communication et la coordination sont éminemment pertinentes pour le système de contrôle phytosanitaire en ce qui concerne les questions globales comme les changements climatiques. Une collaboration et une communication solides – ainsi que des réseaux reliant les universités, les gouvernements, les ONG et l'industrie à d'autres acteurs (dont les membres du public) – sont essentiels pour que le système phytosanitaire puisse déployer avec succès les ressources et les connaissances disponibles. Les silos d'information produits par les différents acteurs figurent parmi les obstacles les plus sérieux à l'atteinte d'un système de contrôle phytosanitaire solide et réactif. La communication et la coordination échouent lorsque l'expertise, les connaissances et les données pertinentes ne sont pas mises en commun par les différents groupes, ou lorsque les ministères et organismes fédéraux, provinciaux et

<sup>19</sup> Voir, par exemple, le rapport technique de 1997 du Conseil canadien des ministres des forêts intitulé Critères et indicateurs de l'aménagement forestier durable au Canada.

territoriaux concernés, les communautés autochtones ou d'autres acteurs clés sont totalement exclus des processus de réglementation et de prise de décision.

La coordination peut également être mise à mal par l'évolution des priorités politiques. En effet, les gouvernements changent au gré des cycles électoraux, et les organismes peuvent avoir du mal à maintenir des approches cohérentes. Il y aurait donc lieu d'adopter une vision commune (et des procédures opérationnelles standard) entre les organismes et les ordres de gouvernement concernés afin de coordonner et de favoriser les interventions qui mettent l'accent sur la surveillance, la planification, la réponse et l'évaluation dans la gestion des risques phytosanitaires. Les pratiques d'évaluation rigoureuses comprennent les tests de scénarios (c.-à-d. l'examen des résultats et des interactions des risques sur de longues périodes) et les tests de sensibilité (l'examen des réponses immédiates aux chocs à court terme), qui permettent d'évaluer le fonctionnement et la réactivité du système de contrôle phytosanitaire avant l'apparition d'un événement indésirable.

### La perte des connaissances autochtones et le fait qu'elles ne soient pas prises en compte dans les processus décisionnels représentent autant un risque pour la santé des végétaux que pour les droits des peuples autochtones.

Les peuples autochtones entretiennent une relation profonde avec la flore depuis longtemps. La gestion autochtone de la santé des végétaux est ancrée dans l'histoire comme elle fait partie intégrante de l'existence contemporaine de ces peuples. Les Autochtones du Canada réagissent et s'adaptent aux changements environnementaux depuis des millénaires et leur expertise peut être particulièrement utile pour comprendre les changements au fil du temps. Qui plus est, les peuples autochtones du Canada, les Premières Nations, les Inuits et les Métis sont détenteurs de droits importants au Canada. Ainsi, les droits territoriaux exigent que les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux procèdent à des consultations et, si nécessaire, à des aménagements, si les droits des Autochtones et ceux issus de traités risquent d'être enfreints par des projets de développement ou des politiques quelconques. Les politiques ancrées dans l'héritage colonial, ainsi que certains projets d'extraction de ressources, menacent les connaissances et les traditions juridiques autochtones liées à la santé des végétaux, notamment leurs pratiques agricoles et de gestion forestière. La négligence ou la perte des connaissances existantes constituent un risque pour la santé des végétaux, tout comme les obstacles au développement de nouvelles connaissances. Alors que les décideurs politiques ont longtemps mis de côté ces communautés, les détenteurs de droits et les experts autochtones en ce qui a trait à la santé des végétaux, la nécessité d'inclure une représentation autochtone – qui va au-delà de la consultation – est maintenant bien connue. Cette inclusion est

également l'occasion pour le Canada de respecter ses obligations légales tout en atténuant les incidences économiques, sociales, culturelles et environnementales des risques phytosanitaires, et de progresser vers la réconciliation.

### 7.3 Pratiques prometteuses en matière de gestion des risques phytosanitaires

Il existe une multitude de pratiques pour gérer les risques pour la santé des végétaux. L'applicabilité d'une pratique donnée dépendra de différents facteurs, notamment du contexte local, des objectifs précis et des principaux acteurs responsables de la mise en œuvre de la stratégie de gestion. Par exemple, si le développement de variétés de cultures tolérantes à la sécheresse peut être une pratique prometteuse pour les zones où l'on prévoit une augmentation de la fréquence et de la gravité de tels phénomènes, il sera moins prioritaire pour celles où l'on prévoit une augmentation des précipitations ou des infestations. Certaines pratiques de gestion peuvent également être prometteuses lorsqu'elles sont utilisées en combinaison avec d'autres; par exemple, des variétés de canola résistantes à la hernie des crucifères sont en cours d'homologation, mais une durée minimale de rotation des cultures reste une pratique de premier plan pour réduire la gravité des épidémies et maintenir la durabilité de la résistance de ces variétés. Comme c'est le cas pour les indicateurs et les paramètres phytosanitaires, une évaluation et un classement détaillés des pratiques prometteuses pourraient justifier un rapport à part entière. Par conséquent, le comité a classé de manière plus générale les domaines de pratiques prometteuses selon le type de risque auquel elles s'attaquent principalement (environnement, organismes nuisibles, gouvernance), ainsi que leurs domaines d'action ciblés en matière de gestion des risques (prévention, atténuation ou adaptation – cellules ombrées du tableau 7.2).

**Tableau 7.2 Domaines de pratiques prometteuses pour gérer différents types de risques pour la santé des végétaux, classés par domaines d'action ciblés**

Type de risque	Domaine de pratique prometteuse illustré dans le rapport	Domaines d'action ciblés	
		Prévention	Atténuation
<b>Environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sélection pour la tolérance au stress</li> <li>• Gestion efficace de l'eau</li> <li>• Utilisation plus efficace des apports</li> <li>• Pratiques de conservation du sol</li> <li>• Pratiques de gestion durable</li> <li>• Migration assistée des végétaux</li> <li>• Accroissement des terres protégées</li> </ul>		
<b>Environnement et organismes nuisibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agriculture et foresterie de précision</li> <li>• Augmentation de la diversité et de la redondance fonctionnelle</li> <li>• Surveillance et suivi moléculaires et numériques</li> </ul>		
<b>Organismes nuisibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lutte intégrée contre les phytovagaveurs</li> <li>• Diversification des espèces végétales et forestières</li> <li>• Nouveaux produits de protection des cultures et modes d'action</li> </ul>		
<b>Gouvernance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accroissement des capacités et des compétences à l'égard des nouvelles technologies</li> <li>• Diversification des pratiques et des objectifs de gestion</li> <li>• Renforcement de la coordination et de la transparence dans la recherche, la gestion et la réglementation en matière de santé des végétaux</li> <li>• Normes internationales sur les mesures phytosanitaires</li> <li>• Dialogue avec différents publics dès le début</li> <li>• Mobilisation active et inclusion des connaissances des praticiens</li> <li>• Initiatives publiques et autochtones de surveillance des végétaux</li> <li>• Encouragement actif et inclusion respectueuse des connaissances autochtones</li> <li>• Reconnaissance et soutien des pratiques de gestion autochtone</li> </ul>		

Les pratiques qui visent la prévention des risques comprennent la surveillance et le suivi des risques phytosanitaires, comme la surveillance de nouveaux organismes nuisibles ou le suivi de la croissance des populations des nuisibles; elles peuvent être associées à des interventions qui préviennent ces risques, comme des procédures phytosanitaires (pour détruire les nuisibles avant leur introduction) ou des efforts d'éradication (après coup). Les pratiques d'atténuation sont applicables lorsque la prévention n'est pas possible, mais que des mesures peuvent quand même être prises pour réduire la fréquence d'apparition ou la gravité de l'incidence. Par exemple, la mise en œuvre d'une stratégie de lutte intégrée contre les phytoravageurs pour atténuer les effets d'une épidémie anticipée peut inclure la surveillance ciblée, la plantation d'une variété de culture résistante et des applications de pesticides à des moments bien précis pour minimiser les déprédations. Les pratiques d'adaptation ne visent pas le risque lui-même, mais cherchent plutôt à en limiter l'incidence en renforçant la capacité d'une plante (ou d'un écosystème végétal) à poursuivre ou à récupérer ses fonctions lorsqu'un événement indésirable se produit. Il peut s'agir de la sélection des cultures en vue de la tolérance au stress, de la migration assistée des végétaux et des pratiques de gestion visant à accroître la diversité fonctionnelle et la redondance des écosystèmes végétaux.

Certains risques sont systémiques, c'est-à-dire qu'ils s'inscrivent dans un contexte social et institutionnel plus large; ils ne peuvent donc pas être adéquatement évalués sans tenir compte des interdépendances et des effets d'entraînement ou de débordement sur des systèmes apparemment sans rapport. Les pratiques prometteuses peuvent également être appliquées au fonctionnement du système de gouvernance phytosanitaire lui-même, en corrigeant ses lacunes et inefficacités.

### Les approches de gouvernance des risques incluant diverses expériences et connaissances peuvent aider à reconnaître, évaluer et gérer les risques complexes pour la santé des végétaux.

La gouvernance est un terme qui reflète la multitude d'acteurs et de processus qui aboutissent à des décisions collectivement contraignantes; cela inclut les institutions gouvernementales, mais aussi les forces économiques et les acteurs de la société civile. Les approches de la gouvernance des risques s'appuient sur la communication et la délibération pour embrasser de manière porteuse des perspectives diverses; ces approches doivent être prudentes et flexibles pour permettre l'apprentissage. Les expériences et les connaissances mises en commun par les agriculteurs, les experts autochtones, les forestiers et d'autres personnes qui comprennent leur environnement local sont à même de fournir une vision ciblée permettant d'étudier et de comprendre les interactions complexes entre les



plantes, les organismes nuisibles et l'environnement. Par exemple, les communautés autochtones du Canada ont des pratiques de gestion et de culture distinctes des traditions européennes, ces pratiques étant susceptibles de favoriser la gestion de la santé des végétaux. L'établissement de relations avec les communautés autochtones offre la possibilité de respecter et d'adopter les traditions juridiques et les principes de gestion des terres des Autochtones, tout en ouvrant la voie à la cogestion (entre les communautés autochtones et d'autres acteurs) des terres comme des ressources. Une approche multidisciplinaire et intersectorielle contribuera à faire en sorte que les connaissances existantes dans d'autres disciplines ou communautés ne seront pas exclues par le cadrage d'un enjeu quelconque portant sur les risques.

### Le renforcement de l'expertise des praticiens et des régulateurs sur le plan de l'utilisation et de la gestion efficaces des données favorise un système de contrôle phytosanitaire solide et tourné vers l'avenir.

L'afflux de données produites par les nouvelles technologies dans l'agriculture et la foresterie promet de soutenir l'élaboration de stratégies de gestion des risques précises et réactives; ces données seront toutefois peu pertinentes si elles ne peuvent être gérées, consultées et interprétées avec précision. Bien que la recherche et le développement se poursuivent dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie et de la conservation, il n'est pas certain que les programmes d'enseignement et de formation actuels du Canada permettent de tirer pleinement parti de ces innovations. En particulier, le volume croissant et la rapidité de l'acquisition des données révèlent un besoin de spécialistes de la gestion et de l'analyse des données. Presque tous les domaines de recherche sont confrontés à des déluges similaires de mégadonnées. Il existe donc un risque que ces compétences – transférables d'un domaine à l'autre – limitent l'accès à du personnel hautement qualifié dans les secteurs de l'agriculture et de la foresterie. En outre, la multiplication des informations entraîne un besoin accru d'applications facilitant le transfert des connaissances et l'aide à la décision. Ceux-ci devront être disponibles et accessibles aux agriculteurs, aux forestiers et aux propriétaires fonciers qui ne possèdent pas forcément de compétences spécialisées en interprétation des données. Le coût de l'adoption des technologies numériques dans le domaine de la foresterie et de l'agriculture est également un obstacle important qui peut exacerber les inégalités, réduire l'efficacité des nouvelles technologies et en allonger le délai d'adoption. Un système de contrôle phytosanitaire solide doit pouvoir mettre en œuvre des outils et des pratiques permettant d'améliorer la détection comme la compréhension des menaces phytosanitaires, et faciliter l'interprétation comme l'utilisation précises des données phytosanitaires. Un tel afflux de données peut également servir à

alimenter des activités prospectives, telles que la planification de scénarios, dont la pertinence dépend d'une représentation précise du système de contrôle phytosanitaire, l'idée étant d'en tirer des scénarios, des interventions et des conséquences réalistes.

### La biodiversité et la redondance des fonctions écosystémiques sont les principaux mécanismes permettant d'ériger et de maintenir des écosystèmes végétaux résilients.

Les pratiques à même d'améliorer la résilience des écosystèmes prévoient le soutien de la biodiversité et de la redondance des fonctions écosystémiques dans l'agriculture, la foresterie et les écosystèmes naturels. Par exemple, la rotation des cultures est une technique largement utilisée qui ajoute une diversité d'espèces végétales aux agroécosystèmes à l'échelle du temps, augmentant ainsi la stabilité des rendements, réduisant l'incidence et les répercussions de certains phytoravageurs et protégeant la santé du sol. Dans le domaine de la foresterie, l'application de techniques permettant de mesurer la diversité fonctionnelle et les réseaux spatiaux complexes contribuent à orienter les interventions d'intendance pour renforcer la capacité d'adaptation naturelle, la productivité et la résilience d'une forêt face aux changements affectant la planète. Sur le plan de la gouvernance, la mobilisation et la coordination des scientifiques citoyens, des municipalités et des programmes communautaires permettent la mise en place d'un réseau de suivi et de surveillance étendu et solide – des tâches qui, autrement, dépasseraient la capacité des ressources disponibles d'un n'importe quel organisme gouvernemental à lui seul.

### Le soutien d'une diversité d'outils de protection phytosanitaire, ainsi que de pratiques de surveillance et de gestion, nécessite un cadre réglementaire qui facilite la recherche, le développement et l'adoption de nouvelles technologies.

Bien que le système réglementaire canadien soit respecté, fondé sur la science et respectueux des normes de sécurité, on y constate également une inefficacité dans les délais d'évaluation et d'autorisation des innovations en matière d'aliments pour animaux, de semences, d'engrais et de plantes à caractères nouveaux. Le défi de la création d'un système efficace de réglementation des pesticides consiste par exemple à trouver un équilibre entre, d'une part, l'accès en temps voulu à de nouveaux outils et produits de manière à permettre aux producteurs de gérer les risques phytosanitaires et, d'autre part, la protection continue de la sécurité du public et de l'environnement. Cependant, la disponibilité de différents outils et pratiques ne suffit pas à elle seule à gérer les risques phytosanitaires. En effet, les praticiens doivent également prendre des décisions sur l'utilisation appropriée et opportune de ces outils et pratiques, des décisions qui dépendent de facteurs comme la nature locale du sol, les prévisions météorologiques, les compétences et

la formation, l'accès à l'équipement, ainsi que les coûts, entre autres. De même, on s'attend à ce que l'efficacité des outils et des stratégies diffère selon les régions géographiques et évolue. Une surveillance, une recherche et un développement continus, ainsi que des processus réglementaires réactifs et opportuns, sont donc nécessaires pour garantir que les outils et les stratégies de gestion des risques puissent être mis à la disposition d'une diversité de praticiens et de types d'écosystèmes, et implantés avec succès.

### Une communication adéquate sur les risques est un élément clé d'un système de contrôle phytosanitaire solide.

Sans une communication adéquate, les décisions risquent de paraître arbitraires et les données probantes, aléatoires. La confiance et le soutien des acteurs comme du public risquent ainsi de se perdre. Voilà pourquoi la mobilisation du public est importante dans l'évaluation des risques phytosanitaires et la création de politiques efficaces. Cette mobilisation devient porteuse si du temps est prévu pour une participation et une délibération véritables, si les membres du public sont reconnus comme des détenteurs de connaissances et si elle intègre l'écoute dans le processus de communication. Les gens sont en effet plus enclins à faire confiance aux efforts de mobilisation lorsqu'ils sentent qu'on valorise leurs contributions et que celles-ci font partie de la prise de décision. Il est possible d'améliorer l'efficacité, la cohérence et la transparence de la gouvernance phytosanitaire au Canada afin de soutenir la croissance et l'innovation dans différents domaines, y compris la réglementation des nouveaux produits. L'incapacité à communiquer adéquatement les incertitudes peut conduire à des représentations erronées du risque – ce qui entraîne un gaspillage de temps, d'efforts et de fonds, ainsi qu'une perte de confiance et d'intérêt de la part du public.

### La mise en œuvre de pratiques visant à accroître la diversité et la redondance fonctionnelle dépend de différents soutiens sur le plan de la gouvernance, des finances et de la collectivité.

La diversification des services écosystémiques dans les systèmes agricoles et forestiers gérés – et l'augmentation de la diversité fonctionnelle comme de la redondance – accroissent la résilience face aux événements indésirables. Toutefois, l'augmentation de la résilience à long terme ne fait généralement pas le poids face à la possibilité d'obtenir à court terme un rendement économique plus élevé pour un service donné. Certaines pratiques agricoles qui favorisent le maintien d'écosystèmes végétaux fonctionnellement diversifiés peuvent ainsi n'être rentables que si les produits sont vendus à un prix élevé, ce qui risque de ne pas être économiquement faisable s'ils sont destinés à l'exportation sur le marché mondial. D'autres pratiques, comme des systèmes de redevance pour les biens et

services écologiques, ont bien été proposées, mais n'ont pas encore été mises en œuvre au Canada. De même, la plupart des aménagements forestiers au pays fonctionnent dans le cadre d'un système conçu pour optimiser la production de bois afin de maximiser les rendements financiers, et il pourrait être très difficile de renverser ce statu quo. Cependant, grâce à l'exploitation de plus d'un bien ou d'un service (et pas seulement du bois) à partir d'une zone donnée, les forêts et les systèmes agricoles peuvent devenir multifonctionnels, conférant ainsi des avantages économiques et non économiques. Songeons par exemple à la bioénergie générée à partir du bois, à l'atténuation des changements climatiques, au stockage de l'eau ou du charbon, aux activités récréatives et aux produits forestiers non ligneux. La mise en œuvre de diverses pratiques de gestion, qu'il s'agisse de nouvelles technologies ou de l'application de pratiques établies dans de nouveaux contextes, repose sur des soutiens financiers et communautaires pour gérer les risques économiques de l'adoption et faciliter l'apprentissage. Bien que la gestion des végétaux dans une optique de fonctions écosystémiques multiples puisse présenter un risque économique substantiel pour les producteurs à court terme, le comité considère qu'il s'agit d'une stratégie préférable à long terme pour faire face aux risques phytosanitaires – une stratégie dont les effets indésirables peuvent être atténués par des leviers politiques, des subventions et des soutiens communautaires.

## 7.4 Réflexions du comité

Les risques pour la santé des végétaux sont multiples, interdépendants, complexes et évoluent rapidement. Les organismes gouvernementaux et les acteurs chargés de la protection phytosanitaire au Canada opèrent dans un cadre mondial qui valorise l'efficacité et la productivité, et qui tend à accorder la priorité à la valeur économique des végétaux. Dans cette optique, ceux-ci sont principalement gérés en fonction de leur rendement économique, qui fournit des possibilités d'emploi à de nombreuses personnes vivant au Canada. Toutefois, le comité tient à souligner qu'il existe de nombreuses façons de définir et donc, d'aborder et de gérer la santé des végétaux, qui se superposent à une compréhension croissante de leurs fonctions écologiques. La prise en compte d'autres services écosystémiques – comme les valeurs sociales et environnementales – conjointement aux valeurs de production donne lieu à des cadres différents pour comprendre les risques et à diverses approches pour protéger la santé des végétaux. Ces approches devraient non seulement prendre en compte les menaces abiotiques et biotiques, mais aussi la manière dont les forces sociales, économiques et culturelles au sein des systèmes de production agricole et forestière actuels contribuent aux risques phytosanitaires ou les exacerbent.

L'élargissement des perspectives repose sur une approche transdisciplinaire incluant les sciences naturelles et sociales, ainsi que les systèmes de connaissances et l'expertise pratique des Autochtones; une telle approche se concentre bien sûr sur la gestion des risques phytosanitaires, mais admet leur inextricabilité avec d'autres enjeux écologiques, culturels ou organisationnels. L'ampleur du défi que représente la protection de la santé des végétaux au Canada est sans précédent, tout comme le seront les solutions requises pour le relever. Les végétaux sont pourtant à la base du bien-être économique, culturel, physique et spirituel des habitants du Canada. Bien que de nombreuses personnes ne soient pas conscientes du rôle que jouent les végétaux dans leur vie quotidienne, les fonctions écologiques accomplies par ces derniers sont fondamentales pour la plupart des formes de vie sur Terre. Même s'il s'agit d'une tâche sans précédent, il est possible – et impératif – de relever le défi complexe et urgent que représente la lutte contre les risques phytosanitaires, courants et émergents. Notre avenir collectif en dépend.

## Références

- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2015. Aperçu statistique de l'industrie des légumes du Canada, 2015. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteurs-agricoles-du-canada/horticulture/rapports-lindustrie-horticole/apercu-statistique-lindustrie-legumes-du-canada-2015> (consulté en juin 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2016. Leçons tirées des années de sécheresse 2001 et 2002 au Canada. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/agroclimat-guetter-secheresse/gestion-du-risque-agroclimatique/lecons-tirees-annees-secheresse-2001-2002-au-canada> (consulté en août 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2018a. Ressources Phytogénétiques du Canada. Adresse : [https://pgrc.agr.gc.ca/propos-about\\_f.html](https://pgrc.agr.gc.ca/propos-about_f.html) (consulté en juillet 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2018b. Le gouvernement du Canada lance le Programme des technologies propres en agriculture. Adresse : <https://www.canada.ca/fr/agriculture-agroalimentaire/nouvelles/2018/03/le-gouvernement-du-canada-lance-le-programme-des-technologies-propres-en-agriculture.html> (consulté en août 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2020a. Vue d'ensemble du Système agricole et agroalimentaire canadien 2017. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/secteurs-agricoles-du-canada/vue-densemble-du-systeme-agricole-agroalimentaire-canadien-2017> (consulté en mars 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2020b. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport numéro 4*, Ottawa, ON, AAC.
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2020c. Scénarios climatiques pour l'agriculture. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/changements-climatiques-qualite-lair/scenarios-climatiques-lagriculture> (consulté en juillet 2020).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2020d. La recherche sur les cultures couvre-sol d'hiver a des retombées positives sur l'environnement. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/nouvelles-dagriculture-agroalimentaire-canada/realisations-scientifiques-agriculture/recherche-cultures-couvre-sol-dhiver-retombees-positives-lenvironnement> (consulté en mars 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2020e. Adaptation des systèmes d'aridoculture aux conditions de sécheresse. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/sols-terres/sol-leau/adaptation-systemes-daridoculture-aux-conditions-secheresse> (consulté en mars 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2021a. Produits géospatiaux. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/programmes-services-agricoles/produits-geospatiaux> (consulté en avril 2021).

- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2021b. Indicateur de la matière organique du sol. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/sols-terres/indicateur-matiere-organique-du-sol> (consulté en juillet 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2021c. À propos des laboratoires vivants. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/collaboration-scientifique-agriculture/initiative-laboratoires-vivants/propos-laboratoires-vivants> (consulté en avril 2021).
- AAC – Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2021d. Indicateur du risque d'érosion du sol. Adresse : <https://agriculture.canada.ca/fr/agriculture-environnement/sols-terres/indicateur-du-risque-derosion-du-sol> (consulté en juillet 2021).
- AADNC – Affaires autochtones et du Nord Canada, 2016. Le Canada appuie maintenant la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones sans réserve. Adresse : <https://www.canada.ca/fr/affaires-autochtones-nord/nouvelles/2016/05/le-canada-appuie-maintenant-la-declaration-des-nations-unies-sur-les-droits-des-peuples-autochtones-sans-reserve.html> (consulté en août 2021).
- Abbott, G. et M. Chapman, 2018. *Addressing the New Normal: 21st Century Disaster Management in British Columbia*, Victoria, BC, Gouvernement de la Colombie-Britannique.
- Aboukhaddour, R., T. Fetch, B. McCallum, M. Harding, B. Beres, et R. Graf, 2020. « Wheat diseases on the prairies: A Canadian story », *Plant Pathology*, vol. 69, p. 418-432.
- Abson, D. J., E. D. G. Fraser, et T. G. Benton, 2013. « Landscape diversity and the resilience of agricultural returns: A portfolio analysis of land-use patterns and economic returns from lowland agriculture », *Agriculture & Food Security*, vol. 2, p. 2.
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2008a. *Plantes exotiques envahissantes au Canada – Rapport technique*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2008b. *D-98-08 : Exigences relatives à l'entrée au Canada des matériaux d'emballage en bois*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2012. *Politique sur les plantes envahissantes*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2014. *Améliorer l'analyse des risques : Une approche plus systématique et plus cohérente*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2015. Évaluation du Programme de protection des végétaux (PPV) de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). *Version définitive du rapport*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2017a. Document de décision DD2010-82 Détermination de l'innocuité du maïs MON 87460 (*Zea mays* L.) tolérant à la sécheresse de Monsanto Canada Inc. Adresse : <https://inspection.canada.ca/varietes-vegetales/vegetaux-a-caracteres-nouveaux/approuves-cours-d-evaluation/documents-des-decisions/dd2010-82/fra/133175561411/1331755683913> (consulté en mars 2021).
- ACIA – Agence canadienne d'inspection des aliments, 2017b. *Overview of the Canadian Food Inspection Agency (CFIA)*, Ottawa, ON, ACIA.

- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2017c. Une stratégie sur la santé des végétaux et des animaux pour le Canada. Adresse : <https://inspection.canada.ca/a-propos-de-l-acia/transparence/consultation-et-participation/partenariats-ssva/ebauche-aux-fins-de-consultation/fra/1490390513931/1490390586446?chap=0> (consulté en février 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2018a. Achat, vente et commerce de végétaux et autres organismes. Adresse : <https://inspection.canada.ca/protection-des-vegetaux/especes-envahissantes/achat-vente-et-commerce/fra/1537451230024/1537451230445> (consulté en juillet 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2018b. Espèces envahissantes. Adresse : <https://inspection.canada.ca/protection-des-vegetaux/especes-envahissantes/fra/1299168913252/1299168989280> (consulté en février 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2018c. Mandat du conseil canadien de la santé des végétaux. Adresse : <https://inspection.canada.ca/a-propos-de-l-acia/transparence/consultation-et-participation/partenariats-ssva/mandat-du-conseil/fra/1538755188293/1538755188604> (consulté en février 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2019a. *Examen réglementaire ciblé : Secteur de l’agroalimentaire et l’aquaculture*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2019b. *Mandate, Roles and Responsibilities : A Primer for Employees of the Canadian Food Inspection Agency*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2019c. Définir une vision des sciences de la santé des végétaux pour le Canada. Adresse : <https://inspection.canada.ca/a-propos-de-l-acia/transparence/consultations-et-participation/partenariats-ssva/ssva/fra/1561741379774/1561741465925> (consulté en avril 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2019d. Rapport d’enquêtes de la protection des végétaux 2018-2019. Adresse : <https://inspection.canada.ca/protection-des-vegetaux/especes-envahissantes/surveillance-phytosanitaire/rapport-d-enquetes-de-la-protection-des-vegetaux-2/fra/1501889533057/1501889533572> (consulté en avril 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2019e. 2019-2020 – Plan ministériel. Adresse : <https://inspection.canada.ca/a-propos-de-l-acia/transparence/rapports-de-gestion/rapports-au-parlement/2019-20-plan-ministeriel/fra/1551481185163/1551481185491?chap=0> (consulté en juillet 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2020a. Déclaration de l’ACIA sur les emballages de semences non sollicités. Adresse : <https://www.canada.ca/fr/agence-inspection-aliments/nouvelles/2020/07/declaration-de-lacia-sur-les-emballages-de-semences-non-sollicites.html> (consulté en septembre 2020).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2020b. Végétaux à caractères nouveaux. Adresse : <https://inspection.canada.ca/varietes-vegetales/vegetaux-a-caracteres-nouveaux/fra/1300137887237/1300137939635> (consulté en septembre 2021).



- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2020c. Liste des organismes nuisibles réglementés par le Canada. Adresse : <https://inspection.canada.ca/protection-des-vegetaux/especes-envahissantes/organismes-nuisibles-reglementes/fr/1363317115207/1363317187811> (consulté en avril 2021).
- ACIA – Agence canadienne d’inspection des aliments, 2021. *African Swine Fever Preparedness*, Ottawa, ON, ACIA.
- ACIA et ARLA – Agence canadienne d’inspection des aliments et Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2000. *Protocole d’entente entre l’Agence Canadienne d’Inspection des Aliments et l’Agence de Réglementation de la Lutte Antiparasitaire*, Ottawa, ON, Gouvernement du Canada.
- Ackleson, J. et J. Kastner, 2011. « Borders and governance: An analysis of health regulation and the agri-food trade », *Geopolitics*, vol. 16, p. 17-26.
- ACT – Adaptation to Climate Change Team, 2013. *Climate Change Adaptation and Canada’s Crops and Food Supply*, Burnaby, BC, Université Simon Fraser.
- AGBC – Auditor General of British Columbia, 2018. *Managing Climate Change Risks: An Independent Audit*, Victoria, BC, AGBC.
- Agrawal, A., 1995. « Dismantling the divide between indigenous and scientific knowledge », *Development and Change*, vol. 26, n°3, p. 413-439.
- Agrios, G., 2005. *Plant Pathology*. Burlington, MA, Elsevier Academic Press.
- Ailstock, M. S., C. M. Norman, et P. J. Bushmann, 2001. « Common reed *Phragmites australis*: Control and effects upon biodiversity in freshwater nontidal wetlands », *Restoration Ecology*, vol. 9, n°1, p. 49-59.
- Aitken, S. N., S. Yeaman, J. A. Holliday, T. Wang, et S. Curtis-McLane, 2008. « Adaptation, migration or extirpation: Climate change outcomes for tree populations », *Evolutionary Applications*, vol. 1, n°1, p. 95-111.
- ALÉBIO – Le projet Amélioration des légumes biologiques au Canada, s.d. L’initiative de la famille Bauta sur la sécurité des semences au Canada – Cultures maraîchères, 2021. Adresse : <http://www.seedsecurity.ca/fr/programmes/creer/cultures-maraicheres> (consulté en mars 2021).
- Alfred, T., 2007. « The People », dans Haudenosaunee Environmental Task Force (réd.), *Words That Come Before All Else: Environmental Philosophies of the Haudenosaunee*, Akwesasne, ON, Native North American Travelling College.
- Allen, E. et L. Cree, 2003. *Science and Regulation: A Canadian Approach to Invasive Alien Species*, communication présentée dans le cadre du Invasive Alien Species and the International Plant Protection Convention, Braunschweig, Germany.
- Alsos, I. G., D. Ehrlich, W. Thuiller, P. B. Eidesen, A. Tribsch, P. Schönswetter, ... C. Brochmann, 2012. « Genetic consequences of climate change for northern plants », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 279, n°1735, p. 2042-2051.

- Amaral, J., Z. Ribeyre, J. Vigneaud, M. D. Sow, R. Fichot, C. Messier, ... S. Maury, 2020. « Advances and promises of epigenetics for forest trees », *Forests*, vol. 11, n°9, p. 976.
- Ameztegui, A., K. A. Solarik, J. R. Parkins, D. Houle, C. Messier, et D. Gravel, 2018. « Perceptions of climate change across the Canadian forest sector: The key factors of institutional and geographical environment », *PLoS ONE*, vol. 13, n°6, p. e0197689.
- Anderegg, W. R., A. G. Konings, A. T. Trugman, K. Yu, D. R. Bowling, R. Gabbitas, ... B. N. Sulman, 2018. « Hydraulic diversity of forests regulates ecosystem resilience during drought », *Nature*, vol. 561, n°7724, p. 538-541.
- Anderson, H., 2012a. *Invasive Japanese Knotweed (Fallopia japonia (Houtt.)) Best Management Practices in Ontario*, Peterborough, ON, Ontario Invasive Plant Council.
- Anderson, H., 2012b. *Invasive Common (European) Buckthorn (Rhamnus cathartica): Best Management Practices in Ontario*, Peterborough, ON, Ontario Invasive Plant Council.
- Anderson, K., C. McRae, et D. Wilson, 2001. « Introduction », dans Anderson, K., C. McRae et D. Wilson (réd.), *The Economics of Quarantine and the SPS Agreement*, Adélaïde, Australie, Université d'Adélaïde.
- Ansong, M. et C. Pickering, 2013. « Are weeds hitchhiking a ride on your car? A systematic review of seed dispersal on cars », *PLoS ONE*, vol. 8, n°11, p. e80275.
- Anthony, L., 2017. *The Aliens Among Us: How Invasive Species are Transforming the Planet—and Ourselves*. New Haven, CT & Londres, Royaume-Uni, Yale University Press.
- Appleby, A. P., 2005. « A history of weed control in the United States and Canada—a sequel », *Weed Science*, vol. 53, n°6, p. 762-768.
- Arcand, M. M., L. Bradford, D. F. Worme, G. E. H. Strickert, K. Bear, A. B. D. Johnston, ... D. Shewfelt, 2020. « Sowing a way towards revitalizing Indigenous agriculture: Creating meaning from a forum discussion in Saskatchewan, Canada », *FACETS*, vol. 5, n°1, p. 619-641.
- Armstrong, C., J. Miller, A. McAlvay, P. Ritchie, et D. Lepofsky, 2021. « Historical Indigenous land-use explains plant functional trait diversity », *Ecology and Society*, vol. 26, n°2, p. 6.
- Armstrong, J., 2020. « Living from the Land: Food Security and Food Sovereignty Today and Into the Future », dans Turner, N. J. (réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Ashfaq, M. et P. Hebert, 2016. « DNA barcodes for bio-surveillance: Regulated and economically important arthropod plant pests », *Genome*, vol. 59, p. 933-945.
- Ashton, J. et P. Giroux, 2020. *Agriculture Canada's COVID-19 Response Objectives and Key Results on the Enterprise GIS Roadmap*, communication présentée dans le cadre du GeoIgnite 2020, En ligne.
- Asseng, S., F. Ewert, P. Martre, R. P. Rötter, D. B. Lobell, D. Cammarano, ... J. W. White, 2015. « Rising temperatures reduce global wheat production », *Nature Climate Change*, vol. 5, n°2, p. 143-147.

- Aubin, I., A. Munson, F. Cardou, P. Burton, N. Isabel, J. Pedlar, ... H. Kebli, 2016. « Traits to stay, traits to move: A review of functional traits to assess sensitivity and adaptive capacity of temperate and boreal trees to climate change », *Environmental Reviews*, vol. 24, n°2, p. 164-186.
- Aubin, I., C. Garbe, S. Colombo, C. Drever, D. McKenney, C. Messier, ... A. Wellstead, 2011. « Why we disagree about assisted migration: Ethical implications of a key debate regarding the future of Canada's forests », *The Forestry Chronicle*, vol. 87, n°6, p. 755-765.
- Aukema, J., B. Leung, K. Kovacs, C. Chivers, K. Britton, J. Englin, ... B. Von Holle, 2011. « Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States », *PLoS ONE*, vol. 6, n°9, p. 886-897.
- Aven, T. et O. Renn, 2010. *Risk Management and Governance: Concepts, Guidelines and Applications*. Berlin, Allemagne, Springer-Verlag.
- Aven, T., 2020. *The Science of Risk Analysis: Foundation and Practice*. New York, NY, Routledge.
- Averill, K. et A. DiTommaso, 2007. « Wild Parsnip (*Pastinaca sativa*): A troublesome species of increasing concern », *Weed Technology*, vol. 21, n°1, p. 279-287.
- Ayres, M. et M. Lombardero, 2017. « Forest pests and their management in the Anthropocene », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 48, p. 292-301.
- B3 – Better Border Biosecurity, 2020. About. Adresse : <https://www.b3nz.org.nz/about/> (consulté en décembre 2020).
- Ballingall, A., 2019. « Health Canada to Restrict Pesticide Use to Protect Bees ». *Toronto Star* (11 avril). NC
- Baltzer, J. L., T. Veness, L. E. Chasmer, A. E. Sniderhan, et W. L. Quinton, 2014. « Forests on thawing permafrost: Fragmentation, edge effects, and net forest loss », *Global Change Biology*, vol. 20, n°3, p. 824-834.
- Bannister, K., 2020. « Right Relationships: Legal and Ethical Context for Indigenous Peoples' Land Rights and Responsibilities », dans Turner, N. J. (réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Barber, Q. E., S. E. Nielsen, et A. Hamann, 2016. « Assessing the vulnerability of rare plants using climate change velocity, habitat connectivity, and dispersal ability: A case study in Alberta, Canada », *Regional Environmental Change*, vol. 16, n°5, p. 1433-1441.
- Baron, J. et B. Rubin, 2020. « Secondary invasion? Emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) induced ash (*Fraxinus*) mortality interacts with ecological integrity to facilitate European buckthorn (*Rhamnus cathartica*) », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 51, n°3, p. 455-464.
- Barr, S. L., B. M. Larson, T. J. Beechey, et D. J. Scott, 2020. « Assessing climate change adaptation progress in Canada's protected areas », *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, 2020, p. 1-14.

- Barrett, H. et D. C. Rose, 2020. « Perceptions of the fourth agricultural revolution: What's in, what's out, and what consequences are anticipated? », *Sociologia Ruralis*, Special Issue Paper.
- Bartlett, C., M. Marshall, et A. Marshall, 2012. « Two-eyed seeing and other lessons learned with a co-learning journey of bringing together Indigenous and mainstream knowledges and ways of knowing », *Journal of Environmental Studies and Sciences*, vol. 2, p. 331-340.
- Bartomeus, I., J. S. Ascher, D. Wagner, B. N. Danforth, S. Colla, S. Kornbluth, et R. Winfree, 2011. « Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, n°51, p. 20645-20649.
- Bartuszevige, A. et D. Gorchov, 2006. « Avian seed dispersal of an invasive shrub », *Biological Invasions*, vol. 8, p. 1013-1022.
- Batey, T., 2009. « Soil compaction and soil management – a review », *Soil Use and Management*, vol. 25, p. 335-345.
- BC MFLNRORD – British Columbia Ministry of Forests, Lands, Natural Resource Operations and Rural Development, 2018. *Impacts of 2017 Fires on Timber Supply in the Cariboo Region*, Victoria, BC, Gouvernement de la Colombie-Britannique.
- BCAFCAI – British Columbia Agriculture & Food Climate Action Initiative, 2013. *Delta: BC Agriculture & Climate Change Regional Adaptation Strategies Series*, Victoria, BC, BCAFCAI.
- BCCFA – British Columbia Community Forest Association, 2021. *British Columbia Community Forest Association*. Adresse : <https://bccfa.ca/> (consulté en avril 2021).
- BCMFR – British Columbia Ministry of Forests and Range, 1999. *1998/99 Annual Report*, Victoria, BC, Gouvernement de la Colombie-Britannique.
- BDNF – Base de données nationale sur les forêts, 2020. Utilisation de produits antiparasitaires. Adresse : <http://nfdp.ccfm.org/fr/data/pest.php> (consulté en avril 2021).
- Beach, H., K. Laing, M. Van De Walle, et R. Martin, 2018. « The current state and future directions of organic no-till farming with cover crops in Canada, with case study support », *Sustainability*, vol. 18, p. 373.
- Beaubien, E. et A. Hamann, 2011. « Spring flowering response to climate change between 1936 and 2006 in Alberta, Canada », *BioScience*, vol. 61, n°7, p. 514-524.
- Beaumier, M. C. et J. D. Ford, 2010. « Food insecurity among Inuit women exacerbated by socio-economic stresses and climate change », *Canadian Journal of Public Health*, vol. 101, n°3, p. 196-201.
- Beckie, H. et K. Harker, 2017. « Our top 10 herbicide-resistant weed management practices », *Pest Management Science*, vol. 73, p. 1045-1052.
- Beckie, H., K. Harker, L. Hall, S. Warwick, A. Légère, P. Sikkema, ... M.-J. Simard, 2006. « A decade of herbicide-resistant crops in Canada », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 86, n°4, p. 1243-1264.

- Bennett, J. M., J. A. Steets, J. H. Burns, W. Durka, J. C. Vamosi, G. Arceo-Gómez, ... T. M. Knight, 2018. « GloPL, a global data base on pollen limitation of plant reproduction », *Scientific Data*, vol. 5, n°1, p. 180249.
- Benton, T. G., C. Bieg, H. Harwatt, R. Pudasaini, et L. Wellesley, 2021. *Food System Impacts on Biodiversity Loss: Three Levers for Food System Transformation in Support of Nature*, Londres, Royaume-Uni, Chatham House, Royal Institute of International Affairs.
- Bentz, B. J., J. Regniere, C. J. Fettig, E. M. Hansen, J. L. Hayes, J. A. Hicke, ... S. J. Seybold, 2010. « Climate change and bark beetles of the Western United States and Canada: Direct and indirect effects », *Bioscience*, vol. 60, n°8, p. 602-613.
- Berkes, F. et I. J. Davidson-Hunt, 2006. « Biodiversity, traditional management systems, and cultural landscapes: Examples from the boreal forest of Canada », *International Social Science Journal*, vol. 58, n°187, p. 35-47.
- Berkes, F. et N. J. Turner, 2006. « Knowledge, learning and the evolution of conservation practice for social-ecological system resilience », *Human Ecology*, vol. 34, n°4, p. 479-494.
- Bilodeau, P., 2020. *The Future of Plant Health Science: Establishing a Plant Health Science Mobilization Plan for Canada*, communication présentée dans le cadre du International Year of Plant Health (IYPH) 2020 Seminar Series, En ligne.
- Birdsall, J. L., W. McCaughey, et J. B. Runyon, 2012. « Roads impact the distribution of noxious weeds more than restoration treatments in a lodgepole pine forest in Montana, U.S.A. », *Restoration Ecology*, vol. 20, n°4, p. 517-523.
- Blay-Palmer, A., G. Santini, J. Halliday, R. Malec, J. Carey, L. Keller, ... R. van Veenhuizen, 2021. « City region food systems: Building resilience to COVID-19 and other shocks », *Sustainability*, vol. 13, n°3, p. 1325.
- Bonsal, B. R., D. L. Peters, F. Seglenieks, A. Rivera, et A. Berg, 2019. « Changes in Freshwater Availability Across Canada », dans Bush, E. et D. S. Lemmen (réd.), *Canada's Changing Climate Report*, Ottawa, ON, Gouvernement du Canada.
- Booth, A. L. et N. W. Skelton, 2011. « "There's a conflict right there": Integrating Indigenous community values into commercial forestry in the Tl'azt'en First Nation », *Society and Natural Resources*, vol. 24, n°4, p. 368-383.
- Borrows, J., 2005. « Indigenous legal traditions in Canada », *Washington University Journal of Law & Policy*, vol. 19, p. 167-223.
- Bouchard, M., D. Pothier, et J.-C. Ruel, 2009. « Stand-replacing windthrow in the boreal forests of eastern Quebec », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 39, n°2, p. 481-487.
- Bouchard, M., J. Régnière, et P. Therrien, 2018. « Bottom-up factors contribute to large-scale synchrony in spruce budworm populations », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 48, n°3, p. 277-284.
- Boucher, D., Y. Boulanger, I. Aubin, P. Y. Bernier, A. Beaudoin, L. Guindon, et S. Gauthier, 2018. « Current and projected cumulative impacts of fire, drought, and insects on timber volumes across Canada », *Ecological Applications*, vol. 28, n°5, p. 1245-1259.

- Bourchier, R. S. et B. H. Van Hezewijk, 2010. « Distribution and potential spread of Japanese knotweed (*Polygonum cuspidatum*) in Canada relative to climatic thresholds », *Invasive Plant Science and Management*, vol. 3, n°1, p. 32-39.
- Bowles, T. M., M. Mooshammer, Y. Socolar, F. Calderón, M. A. Cavigelli, S. W. Culman, ... A. C. Gaudin, 2020. « Long-term evidence shows that crop-rotation diversification increases agricultural resilience to adverse growing conditions in North America », *One Earth*, vol. 2, n°3, p. 284-293.
- Boyd, M. et C. Surette, 2010. « Northernmost precontact maize in North America », *American Antiquity*, vol. 75, p. 117-133.
- Boyd, R. et A. Markandya, 2021. « Costs and Benefits of Climate Change Impacts and Adaptation », dans Warren, F. J. et N. Lulham(réd.), *Canada in a Changing Climate: National Issues Report*, Ottawa, ON, Gouvernement du Canada.
- Bradshaw, C. J., B. Leroy, C. Bellard, D. Roiz, C. Albert, A. Fournier, ... F. Courchamp, 2016. « Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects », *Nature Communications*, vol. 7, p. 12986.
- Bragdon, S. H. et C. Smith, 2015. *L'innovation des petits exploitants agricoles*, Genève, Suisse, Bureau Quaker auprès des Nations Unies.
- Braman, D., D. M. Kahan, E. Peters, M. Wittlin, P. Slovic, L. Larrimore Ouellette, et G. Mandel, 2012. « The polarizing impact of science literacy and numeracy on perceived climate change risks », *Nature Climate Change* vol. 2, p. 732-735.
- Brecka, A. F., C. Shahi, et H. Y. Chen, 2018. « Climate change impacts on boreal forest timber supply », *Forest Policy and Economics*, vol. 92, p. 11-21.
- Breland, S., N. E. Turley, J. Gibbs, R. Isaacs, et L. A. Brudvig, 2018. « Restoration increases bee abundance and richness but not pollination in remnant and post-agricultural woodlands », *Ecosphere*, vol. 9, n°9, p. e02435.
- Brideau, I., 2019. *L'obligation de consulter les peuples autochtones*, Ottawa, ON, Service d'information et de recherche parlementaires, Bibliothèque du Parlement.
- Brittain, C., C. Kremen, et A.-M. Klien, 2013. « Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions », *Global Change Biology*, vol. 19, p. 540-547.
- Brockerhoff, E., 2016. *Sea Container «Contaminating Pest» Risk*, communication présentée dans le cadre du B3 : Science Solutions for Better Border Security, Wellington, Nouvelle-Zélande.
- Brodt, S., J. Six, G. Feenstra, C. Ingels, et D. Campbell, 2011. « Sustainable agriculture », *Nature Education Knowledge*, vol. 3, n°10, p. 1.
- Bronson, K. et I. Knezevic, 2016. « Big data in food and agriculture », *Big Data and Society*, janvier-juin 2016, p. 1-5.
- Bronson, K., 2018. « Smart farming: Including rights holders for responsible agricultural innovation », *Technology Innovation Management Review*, vol. 8, n°2, p. 7-14.

- Bronson, K., 2019. « Excluding “Anti-biotech” Activists from Canadian Agri-Food Policy Making: Ethical Implications of the Deficit Model of Science Communication », dans Priest, S., J. Goodwin et M. F. Dahlstrom (réd.), *Ethics and Practice in Science Communication*, Chicago, IL, University of Chicago Press.
- Brook, H., 2016. Potential Insect Pests to Watch for in 2016. Adresse : <https://www.farms.com/news/potential-insect-pests-to-watch-for-in-2016-108115.aspx> (consulté en mars 2020).
- Brookes, G. et P. Barfoot, 2020. « Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2018: Impacts on pesticide use and carbon emissions », *GM Crops & Food*, vol. 11, n°4, p. 215–241.
- Brown, B., 2017. Farm Size and Agricultural Policy. Adresse : <https://policyoptions.irpp.org/fr/magazines/mai-2017/farm-size-and-agricultural-policy/> (consulté en avril 2021).
- Brown, C., 2013. *Concentration et valeur des éléments nutritifs assimilables contenus dans le fumier de différents types d'élevages*, Guelph, ON, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales.
- BSIF – Bureau du surintendant des institutions financières Canada, 2009. *Ligne directrice : La simulation de crise*, Ottawa, ON, BSIF.
- Buck, K., 2019. *Roundtable on Indigenous Knowledge and Western Science: Summary of Literature*, Ottawa, ON, Institut sur la gouvernance.
- Bueckert, R. A. et J. M. Clarke, 2013. « Annual crop adaptation to abiotic stress on the Canadian prairies: Six case studies », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 93, n°3, p. 375–385.
- Burchett, S. et S. Burchett, 2018. *Plant Pathology*. New York, NY, Garland Science, Taylor & Francis Group.
- Burkle, L. A., J. C. Marlin, et T. M. Knight, 2013. « Plant–pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function », *Science*, vol. 339, n°6127, p. 1611–1615.
- BVG – Bureau du vérificateur général du Canada, 2008. *Rapport de la vérificatrice générale du Canada à la Chambre des communes : Chapitre 4, Les ressources végétales du Canada : la gestion des risques*, Ottawa, ON, BVG.
- BVG – Bureau du vérificateur général du Canada, 2017. *Automne 2017 — Rapports de la commissaire à l'environnement et au développement durable au Parlement du Canada, Rapport 2 — L'adaptation aux impacts des changements climatiques*, Ottawa, ON, BVG.
- CAC – Conseil des académies canadiennes, 2019a. *Plus grand que la somme de ses parties : Vers une gestion intégrée des ressources naturelles au Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur l'état des connaissances et des pratiques relatives aux approches de gestion intégrée des ressources naturelles au Canada, CAC.
- CAC – Conseil des académies canadiennes, 2019b. *Les principaux risques des changements climatiques pour le Canada*, Ottawa, ON, Comité d'experts sur les risques posés par les changements climatiques et les possibilités d'adaptation, CAC.

- CAE – Le cercle autochtone d’experts, 2018. *Nous nous levons ensemble : atteindre l’objectif 1 du Canada en créant des aires protégées et de conservation autochtones dans l’esprit et la pratique de la réconciliation*, Yellowknife, NT, CAE.
- Campbell, F.T., 2001. « The science of risk assessment for phytosanitary regulation and the impact of changing trade regulations », *Bioscience*, vol. 51, n°2, p. 148-153.
- Canola Council of Canada, 2020. Canola & China: What Growers Should Know. Adresse : <https://www.canolacouncil.org/news-homepage/canola-china-%E2%80%93-what-growers-should-know/> (consulté en août 2020).
- Capmourterres, V., J. Adams, A. Berg, E. Fraser, C. Swanton, et M. Anand, 2018. « Precision conservation meets precision agriculture: A case study from southern Ontario », *Agricultural Systems*, vol. 167, p. 176-185.
- Cappaert, D., D. G. McCullough, T. M. Poland, et N. W. Siegert, 2005. « Emerald ash borer in North America: A research and regulatory challenge », *American Entomologist*, vol. 51, n°3, p. 152-165.
- Castleden, H., T. Garvin, et Huu-ay-aht First Nation, 2009. « “Hishuk Tsawak” (everything is one/connected): A Huu-ay-aht worldview for seeing forestry in British Columbia, Canada », *Society and Natural Resources*, vol. 22, n°9, p. 789-804.
- Cattani, D. J. et S. R. Asselin, 2017. « Extending the growing season: Forage seed production and perennial grains », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 98, p. 235-246.
- CBC – Cultivons Biologique Canada, s.d. À Propos. Adresse : <https://www.cog.ca/fr/about/> (consulté en mars 2021).
- CBC News, 2021. No More Potato Wart Found in 2 P.E.I. Fields. Adresse : <https://www.cbc.ca/news/canada/prince-edward-island/pei-potato-wart-fungus-cfia-gone-1.5929381> (consulté en juillet 2021).
- CCEE – Conseil Canadien sur les Espèces Envahissantes, 2014. *Spotter’s Network Action Plan*, Williams Lake, BC, CCEE.
- CCMF – Conseil canadien des ministres des forêts, 2015. *Innovation dans le secteur forestier au Canada*, Ottawa, ON, CCMF.
- CCMF – Conseil canadien des ministres des forêts, 2019a. Évaluation de la menace que pose le dendroctone du pin ponderosa pour les pinèdes de la zone boréale et de l’Est du Canada, Ottawa, ON, CCMF.
- CCMF – Conseil canadien des ministres des forêts, 2019b. *Une vision commune pour les forêts au Canada : vers 2030*, Ottawa, ON, CCMF.
- CCMF – Conseil canadien des ministres des forêts, 2021a. Les peuples autochtones et les forêts. Adresse : <https://www.ccmf.org/les-canadiens-et-les-collectivites/les-peuples-autochtones-et-les-forets/> (consulté en mars 2021).
- CCMF – Conseil canadien des ministres des forêts, 2021b. À propos du Conseil canadien des ministres des forêts. Adresse : <https://www.ccmf.org/a-propos-du-conseil-canadien-des-ministres-des-forets/> (consulté en mars 2021).



- CCN – Le Comité consultatif national, 2018. *La vision du Canada pour la conservation : un rapport du comité consultatif national*, Ottawa, ON, CCN.
- CCRHA – Conseil canadien pour les ressources humaines en agriculture, 2019. *How Labour Challenges Will Shape the Future of Agriculture: Agriculture Forecast to 2029*, Gloucester, ON, CCRHA.
- CE – Commission Européenne, 2019. Bioeconomy. Adresse : <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm> (consulté en août 2020).
- CGSB – Canadian General Standards Board, 2020. *Systèmes de production biologique : principes généraux et normes de gestion.*, Gatineau, QC, Gouvernement du Canada.
- Charles, K. M. et I. Stehlik, 2021. « Assisted species migration and hybridization to conserve cold-adapted plants under climate change », *Conservation Biology*, vol. 35, n°2, p. 559–566.
- Chauhan, B., 2020. « Grand challenges in weed management », *Frontiers in Agronomy*, vol. 1, p. 3.
- Chen, K., Y. Wang, R. Zhang, H. Zhang, et C. Gao, 2019. « CRISPR/Cas genome editing and precision plant breeding in agriculture », *Annual Review of Plant Biology*, vol. 70, p. 667–697.
- Chen, L., J.-G. Huang, A. Dawson, L. Zhai, K. J. Stadt, P. G. Comeau, et C. Whitehouse, 2018. « Contributions of insects and droughts to growth decline of trembling aspen mixed boreal forest of western Canada », *Global Change Biology*, vol. 24, n°2, p. 655–667.
- Cheng, C. S., E. Lopes, C. Fu, et Z. Huang, 2014. « Possible impacts of climate change on wind gusts under downscaled future climate conditions: Updated for Canada », *Journal of Climate*, vol. 27, n°3, p. 1255–1270.
- Cherneski, P., 2018. *The Impacts and Costs of Drought to the Canadian Agriculture Sector*, communication présentée dans le cadre du North American Drought Monitor Forum, Calgary, AB.
- CIP – International Potato Center, 2021. A One Health Approach to Plant Health. Adresse : <https://cipotato.org/blog/one-health-approach-plant-health/> (consulté en juin 2021).
- CIPV – Convention internationale pour la protection des végétaux, 2013. *Projet de NIMP : Réduction maximale des déplacements d'organismes nuisibles par les conteneurs maritimes (2008-001)*, Rome, Italie, CIPV.
- CIPV – Convention internationale pour la protection des végétaux, s.d. International Forestry Quarantine Research Group. Adresse : <https://www.ippc.int/fr/external-cooperation/organizations-page-in-ipp/internationalforestryquarantineresearchgroup/> (consulté en juin 2020).
- Cision Canada, 2021. Le gouvernement du Canada investit 162,6 millions de dollars pour renforcer l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Adresse : <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/le-gouvernement-du-canada-investit-162-6-millions-de-dollars-pour-renforcer-l-agence-canadienne-d-inspection-des-aliments-881982295.html> (consulté en mars 2021).

- Clapp, J. et S. L. Ruder, 2020. « Precision technologies for agriculture: Digital farming, gene-edited crops, and the politics of sustainability », *Global Environmental Politics*, vol. 20, n°3, p. 49–69.
- Clayoquot Sound Scientific Panel, 1995. *First Nations' Perspectives on Forest Practices in Clayoquot Sound*, Victoria, BC, Cortex Consulting.
- Clements, D. R., A. DiTommaso, N. Jordan, B. D. Booth, J. Cardina, D. Doohan, ... C. J. Swanton, 2004. « Adaptability of plants invading North American cropland », *Agriculture Ecosystems & Environment*, vol. 104, p. 379–398.
- Clements, D. R., A. DiTommaso, et T. Hyvönen, 2014. « Ecology and Management of Weeds in a Changing Climate », dans Chauhan, B. S. et G. Mahajan (réd.), *Recent Advances in Weed Management*, New York, NY, Springer.
- Colla, S. R. et L. Packer, 2008. « Evidence for decline in eastern North American bumblebees (Hymenoptera: Apidae), with special focus on *Bombus affinis* Cresson », *Biodiversity and Conservation*, vol. 17, p. 1379–1391.
- Colla, S. R., 2016. « Status, threats and conservation recommendations for wild bumble bees (*Bombus* spp.) in Ontario, Canada: A review for policymakers and practitioners », *Natural Areas Journal*, vol. 36, n°4, p. 412–426.
- Colla, S. R., F. Gadallah, L. Richardson, D. Wagner, et L. Gall, 2012. « Assessing declines of North American bumble bees (*Bombus* spp.) using museum specimens », *Biodiversity and Conservation*, vol. 21, p. 3585–3595.
- Colleran, B. et K. Goodall, 2014. « In situ growth and rapid response management of flood-dispersed Japanese knotweed (*Fallopia japonica*) », *Invasive Plant Science and Management*, vol. 7, p. 84–92.
- Conseil canadien de la santé des végétaux, 2019. *Canadian Plant Health Council: Protecting Plant Health Through Partnerships*, communication présentée dans le cadre du Séances d'information du Conseil canadien de la santé des végétaux, En ligne.
- Conseil canadien de la santé des végétaux, 2020. *Interim Progress Report, October 2018–March 2020*, Ottawa, ON, Conseil canadien de la santé des végétaux.
- Conseil canadien du canola, 2020. *Canola & China: What Growers Should Know*. Adresse : <https://www.canolacouncil.org/news-homepage/canola-china-%E2%80%93-what-growers-should-know/> (consulté en août 2020).
- Conseil consultatif en matière de croissance économique, 2017. *Libérer le potentiel de croissance des secteurs clés*, Ottawa, ON, Conseil consultatif en matière de croissance économique.
- Corbett, L. J., P. Withey, V. A. Lantz, et T. O. Ochuodho, 2016. « The economic impact of the mountain pine beetle infestations in British Columbia: Provincial estimates from a CGE analysis », *Forestry*, vol. 89, p. 100–105.
- Coristine, L. E. et J. T. Kerr, 2011. « Habitat loss, climate change, and emerging conservation challenges in Canada », *Canadian Journal of Zoology*, vol. 89, n°5, p. 435–451.

- Coristine, L. E., S. Colla, N. Bennett, A. M. Carlsson, C. Davy, K. T. A. Davies, ... A. T. Ford, 2019. « National contributions to global ecosystem values », *Conservation Biology*, vol. 33, n°5, p. 1219-1223.
- Cornell University Cooperative Extension et PES – Pesticide Environmental Stewardship, s.d. Monitoring (Scouting). Adresse : <https://pesticidestewardship.org/ipm/monitoring/> (consulté en septembre 2021).
- Cornet, J., 2020. « Restorying Indigenous Landscapes: Community Regeneration and Resurgence », dans Turner, N. J.(réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- COSEPAC – Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, 2019. Évaluation des espèces sauvages du COSEPAC. Adresse : <https://cosewic.ca/index.php/fr/processus-d-evaluation.html> (consulté en mars 2021).
- Coté, C., 2016. « “Indigenizing” food sovereignty. Revitalizing Indigenous food practices and ecological knowledges in Canada and the United States », *Humanities*, vol. 5, n°3, p. 57.
- CPA – Le Cercle du patrimoine autochtone, 2019. *Report on Parks Canada's Indigenous Engagement Sessions: Reflections and Recommendations from the Indigenous Heritage Circle*, Ottawa, ON, CPA.
- CPAA – Comité permanent de l'agriculture et de l'agroalimentaire, 2018. *Vers un système agricole et agroalimentaire canadien résilient : l'adaptation aux changements climatiques*, Ottawa, ON, Chambre des Communes.
- CPM – Cabinet du Premier ministre, 2019. Lettre de mandat de la ministre de la Santé. Adresse : <https://pm.gc.ca/fr/lettres-de-mandat/2019/12/13/lettre-de-mandat-de-la-ministre-de-la-sante> (consulté en novembre 2020).
- CRPA – Commission royale sur les peuples autochtones, 1996. *Rapport de la Commission royale sur les peuples autochtones, Volume 1: Un passé, un avenir*, Ottawa, ON, CRPA.
- CSC – Cour Suprême du Canada, 1997. *Delgamuukw c. Colombie-Britannique*, [1997] 3 RCS 1010, Ottawa, ON, CSC.
- CSC – Cour Suprême du Canada, 2004. *Nation haida c. Colombie-Britannique (Ministre des Forêts)*. 2004 CSC 73, Ottawa, ON, CSC.
- CSC – Cour Suprême du Canada, 2010. *Rio Tinto Alcan Inc. c. Conseil tribal Carrier Sekani*. 2010 CSC 43, Ottawa, ON, CSC.
- CSC – Cour Suprême du Canada, 2014. *Nation Tsilhqot'in c. Colombie-Britannique*, 2014 CSC 44 (CanLII), [2014] 2 RCS 256, Ottawa, ON, CSC.
- CSSS – Canadian Society of Soil Science, 2020. Factors. Adresse : <https://soilsofcanada.ca/soil-formation/factors.php> (consulté en février 2021).
- CVR – Commission de vérité et réconciliation du Canada, 2015. *Honorer la vérité, réconcilier pour l'avenir : sommaire du rapport final de la commission de vérité et réconciliation du Canada*, Winnipeg, MB, CVR.

- Curran, D., 2017. « “Legalizing” the Great Bear Rainforest agreements: Colonial adaptations toward reconciliation and conservation », *McGill Law Journal/Revue de droit de McGill*, vol. 62, n°3, p. 813-860.
- Curran, D. et V. Napoleon, 2020. « Ethnoecology and Indigenous Legal Traditions in Environmental Governance », dans Turner, N.(réd.), *Plants, People, Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples’ Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen’s University Press.
- Cutforth, H. W., S. M. McGinn, K. E. McPhee, et P. R. Miller, 2007. « Adaptation of pulse crops to the changing climate of the Northern Great Plains », *Agronomy Journal*, vol. 99, n°6, p. 1684-1699.
- Daschuk, J., 2015. *Clearing the Plains: Disease, Politics of Starvation, and the Loss of Indigenous Life*. Regina, SK, University of Regina Press.
- De Groot, R., R. Boumans, et M. Wilson, 2002. « A typology for the classification description and valuation of ecosystem functions, goods and services », *Ecological Economics*, vol. 41, n°3, p. 393-408.
- DeLucia, E. H., P. D. Nability, J. A. Zavala, et M. R. Berenbaum, 2012. « Climate change: Resetting plant-insect interactions », *Plant Physiology*, vol. 160, n°4, p. 1677-1685.
- Dempster, W. R., 2017. « Impacts of climate on juvenile mortality and *Armillaria* root disease in lodgepole pine », *The Forestry Chronicle*, vol. 93, n°2, p. 148-160.
- Deur, D. et J. E. James Jr., 2020. « Cultivating the Imagined Wilderness: Contested Native American Plant-Gathering Traditions in America’s National Parks », dans Turner, N. J.(réd.), *Plants, Peoples, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples’ Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen’s University Press.
- Deutsch, C. A., J. J. Tewksbury, M. Tigchelaar, D. S. Battisti, S. C. Merrill, et R. B. Huey, 2018. « Increase in crop losses to insect pests in a warming climate », *Science*, vol. 361, n°6405, p. 916-919.
- Devisscher, T., J. Spies, et V. Griess, 2021. « Time for change: Learning from community forests to enhance the resilience of multi-value forestry in British Columbia, Canada », *Land Use Policy*, vol. 103, p. 105317.
- Dixon, P., L. Cass, C. Vincent, et O. Olfert, 2014. « Implementation and adoption of integrated pest management in Canada: Insects », *Integrated Pest Management Reviews*, vol. 4, p. 221-252.
- Doran, J. W., M. Sarrantonio, et M. Liebig, 1996. « Soil Health and Sustainability », dans Sparks, D. L. (réd.), *Advances in Agronomy*, vol. 56, San Diego, CA, Academic Press.
- Downing, A. et A. Cuerrier, 2011. « A synthesis of the impacts of climate change on the First Nations and Inuit of Canada », *Indian Journal of Traditional Knowledge*, vol. 10, n°1, p. 57-70.

- Dudley, N., S. Stolton, A. Belokurov, L. Krueger, N. Lopoukhine, K. MacKinnon, ... N. Sekhran, 2010. *Natural Solutions: Protected Areas Helping People Cope with Climate Change*, Gland, Switzerland, Washington, DC and New York, NY, IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank and WWF.
- Duke, S. et S. Powles, 2009. « Glyphosate-resistant crops and weeds: Now and in the future », *AgBioForum*, vol. 12, n°3 et4, p. 346-357.
- Dupras, J. et M. Alam, 2015. « Urban sprawl and ecosystem services: A half century perspective in the Montreal area (Quebec, Canada) », *Journal of Environmental Policy & Planning*, vol. 17, n°2, p. 180-200.
- Dupras, J., J. Marull, L. Parcerisas, F. Coll, A. Gonzalez, M. Girard, et E. Tello, 2016. « The impacts of urban sprawl on ecological connectivity in the Montreal Metropolitan Region », *Environmental Science & Policy*, vol. 58, p. 61-73.
- Duru, M., O. Therond, G. Martin, R. Martin-Clouaire, M. A. Magne, E. Justes, ... J. P. Sarthou, 2015. « How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: A review », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, p. 1259-1281.
- Dymond, C. C., S. Tedder, D. L. Spittlehouse, B. Raymer, K. Hopkins, K. McCallion, et J. Sandland, 2014. « Diversifying managed forests to increase resilience », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 44, n°10, p. 1196-1205.
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2016. Sources d'eau : les terres humides. Adresse : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu/sources/terres-humides.html> (consulté en juillet 2021).
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2017. Les dix événements météorologiques les plus marquants au Canada en 2017. Adresse : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/dix-evenements-meteorologiques-plus-marquants/2017.html> (consulté en mai 2021).
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2019. *Rapport sommaire du Sixième rapport national du Canada à la Convention sur la diversité biologique*, Ottawa, ON, ECCC.
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2020a. *Aires conservées au Canada : Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement*, Ottawa, ON, ECCC.
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2020b. *Recueil des engagements du Canada aux accords et instruments internationaux en matière d'environnement : Accord de coopération de l'Organisation nord-américaine pour la protection des végétaux.*, Ottawa, ON, ECCC.
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2020c. *Projet pilote des gardiens autochtones*. Adresse : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/financement-environnement/gardiens-autochtones-projet-pilote.html> (consulté en avril 2020).
- ECCC – Environnement et Changement climatique Canada, 2020d. *Recueil des engagements du Canada aux accords et instruments internationaux sur l'environnement : Traité international sur les ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture*, Ottawa, ON, ECCC.

- EFAO – Ecological Farmers Association of Ontario, s.d.-a. What We Do. Adresse : <https://efao.ca/about/> (consulté en juin 2021).
- EFAO – Ecological Farmers Association of Ontario, s.d.-b. Farmer-Led Research. Adresse : <https://efao.ca/farmer-led-research/#farmerledresearch> (consulté en juin 2021).
- Elk, L. B. et J. M. Baker, 2020. « From Traplines to Pipelines: Oil Sands and the Pollution of Berries and Sacred Lands from Northern Alberta to North Dakota », dans Turner, N. J. (éd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill–Queen's Press.
- Elliott, B., O. Olfert, et S. Hartley, 2011. « Management practices for wheat midge, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) », *Prairie Soils & Crops Journal*, vol. 4, p. 8-13.
- Enns, A., D. Kraus, et A. Hebb, 2020. *Ours to Save: The Distribution, Status and Conservation Needs of Canada's Endemic Species*, Ottawa, ON, NatureServe Canada and Nature Conservancy of Canada.
- Entz, M., M. Carkner, et K. Stanley, 2020. *Participatory Plant Breeding Program: Update*, Winnipeg, MB, Natural Systems Agriculture Lab, Université du Manitoba.
- Ermine, W., 2007. « The ethical space of engagement », *Indigenous Law Journal*, vol. 6, n°1, p. 193-203.
- Ermont, J. et J. Newman, 2020. « Amazon Bans Foreign Plant Sales to U.S. Amid Global Seed Mystery ». *The Wall Street Journal* (5 septembre). Eugenides, J., 1993. *The Virgin Suicides*. New York, NY, Farrar, Straus and Giroux.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2019. « PM 3/86 (1) Raising public awareness of quarantine and emerging pests », *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol. 49, n°3, p. 488-504.
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2003. Politiques, institutions et principaux programmes forestiers : Canada. Adresse : <http://www.fao.org/forestry/country/57479/fr/can/> (consulté en novembre 2020).
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2009. *Global Review of Forest Pests and Diseases*, Rome, Italie, FAO.
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2010. *Politique de la FAO concernant les peuples autochtones et tribaux*, Rome, Italie, FAO.
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2016. Une menace pesante : les conteneurs maritimes propagent des organismes nuisibles et des maladies. Adresse : <http://www.fao.org/news/story/fr/item/413257/icode/> (consulté en mai 2021).
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2017a. Making the International Trade in Plants and Seeds a Safer Venture. Adresse : <http://www.fao.org/asiapacific/news/detail-events/en/c/881156/> (consulté en septembre 2020).
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2017b. *The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges*, Rome, Italie, FAO.

- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2019a. *Glossaire des termes phytosanitaires*, Rome, Italie, FAO.
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2019b. *International Year of Plant Health, 2020: Communication Guide*, Rome, Italie, FAO.
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2020a. Sea Containers. Adresse : <https://www.ippc.int/fr/core-activities/capacity-development/sea-containers/> (consulté en octobre 2020).
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2020b. Site web des Organes directeurs et statutaires : Commission sur les mesures phytosanitaires (CMP). Adresse : [http://www.fao.org/unfao/govbodies/gsb-subject-matter/statutory-bodies-details/fr/c/373/?no\\_cache=1](http://www.fao.org/unfao/govbodies/gsb-subject-matter/statutory-bodies-details/fr/c/373/?no_cache=1) (consulté en octobre 2020).
- FAO – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2021. Services Écosystémiques & Biodiversité. Adresse : <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/valuation/fr/> (consulté en juin 2021).
- FAO et CIPV – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture & La Convention internationale pour la protection des végétaux, s.d.-a. Texte de la Convention. Adresse : <https://www.ippc.int/fr/core-activities/governance/convention-text/> (consulté en juin 2021).
- FAO et CIPV – Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture & La Convention internationale pour la protection des végétaux, s.d.-b. International Plant Protection Convention. Adresse : <https://www.ippc.int/fr/> (consulté en février 2020).
- Farm Hack, s.d. Farm Hack. Adresse : <https://farmhack.org/tools> (consulté en juillet 2021).
- Fetch, T., B. McCallum, J. Menzies, K. Rashid, et A. Tenuta, 2011. « Rust diseases in Canada », *Prairie Soils & Crops Journal*, vol. 4, p. 86-96.
- Field, R. D. et L. Parrott, 2017. « Multi-ecosystem services networks: A new perspective for assessing landscape connectivity and resilience », *Ecological Complexity*, vol. 32, p. 31-41.
- Figge, F., 2004. « Bio-folio: Applying portfolio theory to biodiversity », *Biodiversity and Conservation*, vol. 13, p. 827-849.
- Findlater, K. M., G. Peterson St. Laurent, S. Hagerman, et R. Kozak, 2020. « Surprisingly malleable public preferences for climate adaptation in forests », *Environmental Research Letters*, vol. 15, n°3, p. 034045.
- Fondation David Suzuki, 2018. *Parcs tribaux et aires protégées et de Conservation autochtones – leçons tirées des exemples De la Colombie-Britannique*, Vancouver, BC, Fondation David Suzuki.
- Fones, H., D. Bebbler, T. Chaloner, W. Kay, G. Steinberg, et S. Gurr, 2020. « Threats to global food security from emerging fungal and oomycete crop pathogens », *Nature Food*, vol. 1, p. 332-342.
- Frąc, M., S. E. Hannula, M. Belka, et M. Jędrzycka, 2018. « Fungal biodiversity and their role in soil health », *Frontiers in Microbiology*, vol. 9, p. 707.

- Franc, G. D., 2007. Potato Wart. Adresse : <https://www.apsnet.org/edcenter/apsnetfeatures/Pages/PotatoWart.aspx> (consulté en juillet 2021).
- Fraser, R., I. Olthof, M. Carrière, A. Deschamps, et D. Pouliot, 2011. « Detecting long-term changes to vegetation in northern Canada using the Landsat satellite image archive », *Environmental Research Letters*, vol. 6, n°4, p. 045502.
- Frei, B., C. Queiroz, B. Chaplin-Kramer, E. Andersson, D. Renard, J. M. Rhemtulla, et E. M. Bennett, 2020. « A brighter future: Complementary goals of diversity and multifunctionality to build resilient agricultural landscapes », *Global Food Security*, vol. 26, p. 100407.
- Funk, C., M. Hefferson, B. Kennedy, et C. Johnson, 2019. *Trust and Mistrust in Americans' Views of Scientific Experts*, Washington, DC, Pew Research Center.
- Funtowicz, S. O. et J. R. Ravetz, 1994. « The worth of a songbird: Ecological economics as a post-normal science », *Ecological Economics*, vol. 10, p. 197-207.
- Gagné, J., M. Al Zayat, et D. Nisbet, 2017. *Analyse du bois de chauffage comme voie d'entrée des ravageurs forestiers au Canada*, Sault Ste. Marie, ON, Invasive Species Centre.
- Galvis, S., 2019. « Colombia confirms that dreaded fungus has hit its banana plantations ». *Science* (12 août).
- Gaudin, A. C. M., T. N. Tolhurst, A. P. Ker, K. Janovicek, C. Tortora, R. C. Martin, et W. Deen, 2015. « Increasing crop diversity mitigates weather variations and improves yield stability », *PLoS ONE*, vol. 10, n°2, p. e0113261.
- Gauthier, N. et J. White, 2019. *Les peuples autochtones et l'agriculture en 2016 : un portrait*, Ottawa, ON, Statistics Canada.
- Gauthier, S., P. Bernier, P. J. Burton, J. Edwards, K. Isaac, N. Isabel, ... E. A. Nelson, 2014. « Climate change vulnerability and adaptation in the managed Canadian boreal forest », *Environmental Reviews*, vol. 22, n°3, p. 256-285.
- Gavloski, J. et S. Meers, 2011. « Arthropods of Cereal Crops in Canadian Grasslands », dans Floate, K. D.(réd.), *Arthropods of Canadian Grasslands (Volume 2): Inhabitants of a Changing Landscape*, Ottawa, ON, Biological Survey of Canada.
- GC – Gouvernement du Canada, 1990. *Loi sur la protection des végétaux, L.C. 1990, ch. 22*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2010. L'approche du gouvernement du Canada concernant la mise en œuvre du droit inhérent des peuples autochtones à l'autonomie gouvernementale et la négociation de cette autonomie. Adresse : <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/fra/1100100031843/1539869205136> (consulté en juin 2020).
- GC – Gouvernement du Canada, 2012. *Codification administrative des lois constitutionnelles de 1867 à 1982*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2014a. *Vivre avec les changements climatiques au Canada : perspectives des secteurs relatives aux impacts et à l'adaptation*, Ottawa, ON, GC.



- GC – Gouvernement du Canada, 2014b. *Le sixième rapport du Canada sur les changements climatiques*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2017. Canada's Tourism Vision. Adresse : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/095.nsf/eng/00002.html> (consulté en avril 2020).
- GC – Gouvernement du Canada, 2019a. *Accord Canada–États-Unis–Mexique (ACEUM) – Chapitre 9 – Mesures sanitaires et phytosanitaires*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2019b. *Rapport sur le climat changeant du Canada*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2019c. *Document de travail : Cadre stratégique sur les connaissances autochtones dans le contexte des examens de projets et des décisions réglementaires proposés*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2019d. *Loi sur l'évaluation d'impact, L.C. 2019, ch. 28, art. 1*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2020. Portail Science Citoyenne. Adresse : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h\\_97169.html](https://www.ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h_97169.html) (consulté en octobre 2020).
- GC – Gouvernement du Canada, 2021a. *Budget 2021 : Une relance axée sur les emplois, la croissance et la résilience*, Ottawa, ON, GC.
- GC – Gouvernement du Canada, 2021b. *Loi concernant la Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones*, Ottawa, ON, GC.
- GCFTF – Gouvernements du Canada fédéral, territoriaux et provinciaux, 2010. *Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*, Ottawa, ON, Conseils canadiens des ministres des ressources.
- Genome BC – Genome British Columbia, 2021. Protecting Against Invasive Pests and Pathogens. Adresse : <https://www.genomebc.ca/pest-defense-2/> (consulté en juillet 2021).
- Genome Canada, 2021. Comprendre le « code » de la vie. Adresse : <https://www.genomecanada.ca/fr/pourquoi-la-genomique/comprendre-le-code-de-la-vie> (consulté en avril 2021).
- Gibbs, J., E. Elle, K. Bobiwash, T. Haapalainen, et R. Isaacs, 2016. « Contrasting pollinators and pollination in native and non-native regions of highbush blueberry production », *PLoS ONE*, vol. 11, n°7, p. e0158937.
- GIEC – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2021. « Summary for Policymakers », dans Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, . . . B. Zhou (réd.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*, Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.
- Gilliam, F., 2007. « The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems », *BioScience*, vol. 57, n°10, p. 845–858.

- Giovani, B., S. Blumel, R. Lopian, D. Teulon, S. Bloem, C. G. Martinez, ... J. Xia, 2020. « Science diplomacy for plant health », *Nature Plants*, vol. 6, p. 902-905.
- GODAN – Global Open Data for Agriculture & Nutrition, s.d. Mission. Adresse : <https://www.godan.info/pages/mission> (consulté en avril 2021).
- Gomez-Baggethun, E., S. Mingorria, V. Reyes-García, L. Calvet, et C. Montes, 2010. « Traditional ecological knowledge trends in the transition to a market economy: Empirical study in the Donana natural areas », *Conservation Biology*, vol. 24, n°3, p. 721-729.
- Gómez-Baggethun, E., E. Corbera, et V. Reyes-García, 2013. « Traditional ecological knowledge and global environmental change: Research findings and policy implications », *Ecology and Society*, vol. 18, n°4, p. 72.
- Gorenflo, L. J., S. Romaine, R. A. Mittermeier, et K. Walker-Painemilla, 2012. « Co-occurrence of linguistic and biological diversity in biodiversity hotspots and high biodiversity wilderness areas », *PNAS*, vol. 109, n°21, p. 8032-8037.
- Gouv. de l'Alb – Gouvernement de l'Alberta, 2010. *Agricultural Soil Compaction: Causes and Management*, Edmonton, AB, Gouv. de l'Alb.
- Gouv. de l'Alb – Gouvernement de l'Alberta, 2017. *Alberta Crop Report: Crop Conditions as of August 1, 2017 (Abbreviated Report)*, Edmonton, AB, Gouv. de l'Alb.
- Gouv. de l'Alb – Gouvernement de l'Alberta, 2021a. Irrigation Strategy. Adresse : <https://www.alberta.ca/irrigation-strategy.aspx> (consulté en avril 2021).
- Gouv. de l'Alb – Gouvernement de l'Alberta, 2021b. Alberta Clubroot Management Plan. Adresse : <https://www.alberta.ca/alberta-clubroot-management-plan.aspx> (consulté en juin 2021).
- Gouv. de l'Australie – Gouvernement de l'Australie, 2019. Sea Container Hygiene System. Adresse : <https://www.agriculture.gov.au/import/before/prepare/treatment-providers/sea-container-hygiene-system> (consulté en septembre 2020).
- Gouv. de la C.-B., – Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2020. Wildfire Season Summary. Adresse : <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/safety/wildfire-status/about-bcws/wildfire-history/wildfire-season-summary> (consulté en décembre 2020).
- Gouv. de la C.-B., – Gouvernement de la Colombie-Britannique, 2021. Climate Change Tools – Comprehensive List. Adresse : <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/natural-resource-stewardship/natural-resources-climate-change/natural-resources-climate-change-adaptation/tools> (consulté en avril 2021).
- Gouv. du Man. – Gouvernement du Manitoba, s.d. Biosecurity in Crop Production. Adresse : <https://www.manitoba.ca/agriculture/crops/biosecurity.html> (consulté en avril 2021).
- Gouv. de l'Ont. – Gouvernement de l'Ontario, 2019. Pourquoi nous devons faire face au changement climatique. Adresse : <https://www.ontario.ca/fr/page/pourquoi-nous-devons-faire-face-au-changement-climatique> (consulté en janvier 2021).

- Gouv. de l'Ont. – Gouvernement de l'Ontario, 2020a. Règles relatives au néonicotinoïdes à l'intention des producteurs. Adresse : <https://www.ontario.ca/fr/page/regles-relatives-neonicotinoïdes-producteurs> (consulté en juillet 2021).
- Gouv. de l'Ont. – Gouvernement de l'Ontario, 2020b. Spongieuse (Lymantria dispar dispar ou LDD). Adresse : <https://www.ontario.ca/fr/page/spongieuse-lymantria-dispar-dispar-ou-dd> (consulté en janvier 2021).
- Gouv. de l'Ont. – Gouvernement de l'Ontario, 2020c. Modernisation de la tenure forestière. Adresse : <https://www.ontario.ca/fr/page/modernisation-de-la-tenure-forestiere> (consulté en avril 2020).
- Gouv. du Qc – Gouvernement du Québec, 2011. *Stratégie Phytosanitaire Québécoise en Agriculture : 2011-2021*, Québec, QC, Gouv. du Qc.
- Gouv. du Qc – Gouvernement du Québec, s.d.-a. *Le Contexte FPT*, Québec, QC, Gouv. du Qc.
- Gouv. du Qc – Gouvernement du Québec, s.d.-a. *Regulations Amending the Pesticides Management Code and the Regulation Respecting Permits and Certificates for the Sale and Use of Pesticides*, Québec, QC, Gouv. du Qc.
- Gouv. de la Sask. – Gouvernement de la Saskatchewan, 2020. Saskatchewan Announces \$4 Billion Irrigation Project at Lake Diefenbaker. Adresse : <https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2020/july/02/irrigation-project> (consulté en avril 2021).
- Gouv. de la Sask. – Gouvernement de la Saskatchewan, 2021a. Rapport de récolte pour la période du 7 au 13 septembre. Adresse : [https://www.saskatchewan.ca/crop-report#utm\\_campaign=q2\\_2015&utm\\_medium=short&utm\\_source=%2Fcrop-report](https://www.saskatchewan.ca/crop-report#utm_campaign=q2_2015&utm_medium=short&utm_source=%2Fcrop-report). (consulté en juillet 2021).
- Gouv. de la Sask. – Gouvernement de la Saskatchewan, 2021b. Publication de la carte de répartition 2020 de la hernie du chou en Saskatchewan. Adresse : <https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2021/january/11/2020-saskatchewan-clubroot-distribution-map-released> (consulté en mars 2021).
- Gouv. de la Sask. – Gouvernement de la Saskatchewan, s.d. Programme de biosécurité phytosanitaire. Adresse : <https://www.saskatchewan.ca/business/agriculture-natural-resources-and-industry/agribusiness-farmers-and-ranchers/canadian-agricultural-partnership-cap/risk-management/pest-biosecurity-program> (consulté en mars 2021).
- Gouv. du Yn. – Gouvernement du Yukon, 2021. *2020 Yukon Forest Health Report*, Whitehorse, YT, Gouv. du Yn.
- Grain Farmers of Ontario, 2019. Climate Change is Changing Weeds. Adresse : <https://ontariograinfarmer.ca/2019/09/01/climate-change-is-changing-weeds/> (consulté en décembre 2020).
- Gray, L. K., T. Gylander, M. S. Mbogga, P.-y. Chen, et A. Hamann, 2011. « Assisted migration to address climate change: Recommendations for aspen reforestation in western Canada », *Ecological Applications*, vol. 21, n°5, p. 1591-1603.

- Greenberg, D. A. et D. M. Green, 2013. « Effects of an invasive plant on population dynamics in toads », *Conservation Biology*, vol. 27, n°5, p. 1049-1057.
- Grenz, J. B., 2020. *Healing the Land by Reclaiming an Indigenous Ecology: A Journey Exploring the Application of the Indigenous Worldview to Invasion Biology and Ecology* Vancouver, BC, Université de la Colombie-Britannique.
- Grossman, J. J., M. Vanhellefont, N. Barsoum, J. Bauhus, H. Bruelheide, B. Castagneyrol, ... K. Verheyen, 2018. « Synthesis and future research directions linking tree diversity to growth, survival, and damage in a global network of tree diversity experiments », *Environmental and Experimental Botany*, vol. 152, p. 68-89.
- GTCCCP – Groupe de travail sur le changement climatique du Conseil canadien des parcs, 2013. *Parcs et aires protégées du Canada : Aider le Canada à faire face au changement climatique*, Ottawa, ON, Agence Parcs Canada au nom du Conseil canadien des parcs.
- Gunderson, L. H. et C. S. Holling, (éd.), 2002. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington, DC, Island Press.
- Hagerman, S. M., H. Dowlatabadi, et T. Satterfield, 2010. « Observations on drivers and dynamics of environmental policy change: Insights from 150 years of forest management in British Columbia », *Ecology and Society*, vol. 15, n°1: 2.
- Hagerman, S. M. et R. Pelai, 2018. « Responding to climate change in forest management: Two decades of recommendations », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 16, n°10, p. 579-587.
- Haire, B., 2014. Ag Data: Its Value, Who Owns it and Where's it Going? Adresse : <https://www.farmprogress.com/cotton/ag-data-its-value-who-owns-it-and-where-s-it-going> (consulté en décembre 2019).
- Hajjar, R., E. McGuigan, M. Moshofsky, et R. Kozak, 2014. « Opinions on strategies for forest adaptation to future climate conditions in western Canada: Surveys of the general public and leaders of forest-dependent communities », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 44, p. 1525-1533.
- Haley, D. et H. Nelson, 2007. « Has the time come to rethink Canada's Crown forest tenure systems? », *The Forestry Chronicle*, vol. 83, n°5, p. 630-641.
- Hall, J., S. Matos, et V. Bachor, 2019. « From green technology development to green innovation: Inducing regulatory adoption of pathogen detection technology for sustainable forestry », *Small Business Economics*, vol. 52, p. 877-889.
- Hall, L., P. Krausman, et M. Morrison, 1997. « The habitat concept and a plea for standard terminology », *Wildlife Society Bulletin*, vol. 25, n°1, p. 173-182.
- Hamann, E., C. Blevins, S. Franks, M. Jameel, et J. Anderson, 2020. « Climate change alters plant-herbivore interactions », *New Phytologist*, vol. 229, p. 1894-1910.
- Hampe, A., 2011. « Plants on the move: The role of seed dispersal and initial population establishment for climate-driven range expansions », *Acta Oecologica*, vol. 37, n°6, p. 666-673.

- Hampton, S., C. Strasser, J. J. Tewksbury, W. Gram, A. Budden, A. Batcheller, ... J. Porter, 2013. « Big data and the future of ecology », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 11, n°3, p. 156-162.
- Hanson, E., 2009. Aboriginal Title. Adresse : [https://indigenousfoundations.arts.ubc.ca/aboriginal\\_title/](https://indigenousfoundations.arts.ubc.ca/aboriginal_title/) (consulté en avril 2021).
- Hatfield, J. et B. Beres, 2019. « Yield gaps in wheat: Path to enhancing productivity », *Frontiers in Plant Science*, vol. 10, p. 1603.
- Hatfield, J. L. et J. H. Prueger, 2015. « Temperature extremes: Effect on plant growth and development », *Weather and Climate Extremes*, vol. 10, p. 4-10.
- Hauer, R. J. et W. D. Peterson, 2017. « Effects of emerald ash borer on municipal forest budgets », *Landscape and Urban Planning*, vol. 157, p. 98-105.
- Haughian, S. R., P. J. Burton, S. W. Taylor, et C. Curry, 2012. « Expected effects of climate change on forest disturbance regimes in British Columbia », *Journal of Ecosystems and Management*, vol. 13, n°1, p. 1-24.
- Hayat, R., S. Ali, U. Amara, R. Khalid, et I. Ahmed, 2010. « Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: A review », *Annals of Microbiology*, vol. 60, p. 579-598.
- Heimpel, G., L. Frelich, D. Landis, K. Hopper, K. Hoelmer, Z. Sezen, ... K. Wu, 2010. « European buckthorn and Asian soybean aphid as components of an extensive invasional meltdown in North America », *Biological Invasions*, vol. 12, p. 2913-2931.
- Hein, T., 2021. Is Mechanical Harvest Weed Seed Control a Good Option for the Prairies? Adresse : <https://www.grainews.ca/features/is-mechanical-harvest-weed-seed-control-a-good-option-for-the-prairies/> (consulté en juillet 2021).
- Helbig, M., C. Pappas, et O. Sonnentag, 2016. « Permafrost thaw and wildfire: Equally important drivers of boreal tree cover changes in the Taiga Plains, Canada », *Geophysical Research Letters*, vol. 43, n°4, p. 1598-1606.
- Heller, N. E. et E. S. Zavaleta, 2009. « Biodiversity management in the face of climate change: A review of 22 years of recommendations », *Biological Conservation*, vol. 142, n°1, p. 14-32.
- Henri, D. A., J. F. Provencher, E. Bowles, J. J. Taylor, J. Steel, C. Chelick, ... D. McGregor, 2021. « Weaving Indigenous knowledge systems and Western sciences in terrestrial research, monitoring and management in Canada: A protocol for a systematic map », *Ecological Solutions and Evidence*, vol. 2, n°2, p. e12057.
- Herms, D. A. et D. G. McCullough, 2014. « Emerald ash borer invasion of North America: History, biology, ecology, impacts, and management », *Annual Review of Entomology*, vol. 59, p. 13-30.
- Hewitt, N., N. Klenk, A. L. Smith, D. R. Bazely, N. Yan, S. Wood, ... I. Henriques, 2011. « Taking stock of the assisted migration debate », *Biological Conservation*, vol. 144, n°11, p. 2560-2572.
- Hill, B., 2016. « Canada endorses United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples ». *Global News* (11 mai).

- Hill, G. B. et G. H. Henry, 2011. « Responses of High Arctic wet sedge tundra to climate warming since 1980 », *Global Change Biology*, vol. 17, n°1, p. 276-287.
- Hill, R., C. Adem, W. Alangui, Z. Molnar, et Y. Aumeeruddy-Thomas, 2020. « Working with Indigenous, local and scientific knowledge in assessments of nature and nature's linkages with people », *Current Opinion on Environmental Sustainability*, vol. 43, p. 8-20.
- Hill, R., G. Nates-Parra, J. Quezada-Euan, D. Buchori, G. LeBuhn, M. M. Maues, ... M. Roue, 2019. « Biocultural approaches to pollinator conservation », *Nature Sustainability*, vol. 2, p. 214-222.
- Hobbs, R. J., E. S. Higgs, et C. Hall, 2013. *Novel Ecosystems: Intervening in The New Ecological World Order*. Hoboken, NJ, Wiley-Blackwell.
- Hole, D. G., S. G. Willis, D. J. Pain, L. D. Fishpool, S. H. Butchart, Y. C. Collingham, ... B. Huntley, 2009. « Projected impacts of climate change on a continent-wide protected area network », *Ecology Letters*, vol. 12, n°5, p. 420-431.
- Holling, C. S., 1996. « Engineering Resilience Versus Ecological Resilience », dans National Academy of Engineering, P. Schulze (réd.), *Engineering Within Ecological Constraints*, Washington, DC, The National Academies Press.
- Hotte, N., C. Mahony, et H. Nelson, 2016. « The principal-agent problem and climate change adaptation on public lands », *Global Environmental Change*, vol. 36, p. 163-174.
- Hughes, K. A., P. Convey, N. R. Maslen, et R. I. L. Smith, 2010. « Accidental transfer of non-native soil organisms into Antarctica on construction vehicles », *Biological Invasions*, vol. 12, p. 875-891.
- Hulme, P., G. Brundu, M. Carboni, K. Dehnen-Schmutz, S. Dullinger, R. Early, ... L. Verbrugge, 2017. « Integrating invasive species policies across ornamental horticulture supply chains to prevent plant invasions », *Journal of Applied Ecology*, vol. 55, p. 92-98.
- Hunter, J., 2017. « B.C.'s Forest Industry Assesses Impact of Summer's Wildfires ». *The Globe and Mail* (19 septembre).
- ILA – L'Initiative de leadership autochtone, s.d. Les gardiens autochtones. Adresse : <https://www.nationaliteautochtone.ca/gardiens> (consulté en avril 2021).
- iNaturalist.org – s.d.-a. Invasive Species in Ontario. Adresse : <https://www.inaturalist.org/projects/invasive-species-in-ontario> (consulté en mars 2021).
- iNaturalist.org – s.d.-b. Eastern Hemlock Project. Adresse : <https://www.inaturalist.org/projects/eastern-hemlock-project> (consulté en mars 2021).
- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2017. *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production*, Bonn, Allemagne, IPBES.
- IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019a. *The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services: Summary for Policymakers*, Bonn, Allemagne, IPBES.

- IPBES – Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019b. *IPBES Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services, Chapter 2.2: Status and Trends, Nature (Draft)*, Bonn, Allemagne, IPBES.
- IPCC, 2021. « Summary for Policymakers », dans Masson–Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, . . . B. Zhou (réd.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change., Cambridge, Royaume–Uni, Cambridge University Press.
- IRGC – International Risk Governance Council, 2019. What is Risk Governance? Adresse : <https://irgc.org/risk-governance/what-is-risk-governance/> (consulté en février 2021).
- Irvin, R. A. et J. Stansbury, 2004. « Citizen participation in decision making: Is it worth the effort? », *Public Administration Review*, vol. 64, n°1, p. 55–65.
- Irwin, A., 2018. « No PhDs needed: How citizen science is transforming research », *Nature*, vol. 562, p. 480–482.
- ISAAA – International Service for the Acquisition of Agri–Biotech Applications, 2018. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change. ISAAA Brief No. 54*, Ithaca, NY, ISAAA.
- Isaac, M. E., S. R. Isakson, B. Dale, C. Z. Levkoe, S. K. Hargreaves, V. E. Mendez, ... A. G. Ciani, 2018. « Agroecology in Canada: Towards an integration of agroecological practice, movement, and science », *Sustainability*, vol. 10, n°9, p. 3299.
- ISC – Invasive Species Centre, 2021a. Legislation and Policy. Adresse : <https://invasivespeciescentre.ca/learn/legislation-and-policies/> (consulté en mars 2021).
- ISC – Invasive Species Centre, 2021b. Forest Invasives. Adresse : <https://invasivespeciescentre.ca/forest-invasives/> (consulté en mai 2021).
- ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2013. *Les coopératives au Canada*, Ottawa, ON, ISDE.
- ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2018. *Tables de stratégies économiques du Canada : Secteur agroalimentaire*, Ottawa, ON, ISDE.
- ISDE – Innovation, Sciences et Développement économique Canada, 2021. *Protection des obtentions végétales*, Ottawa, ON, ISDE, Office de la propriété intellectuelle du Canada, ISDE.
- Janovicek, K., D. Hooker, A. Weersink, R. Vyn, et B. Deen, 2021. « Corn and soybean yields and returns are greater in rotations with wheat », *Agronomy Journal*, vol. 113, n°2, p. 1691–1711.
- Jansson, J. K. et K. S. Hofmockel, 2020. « Soil microbiomes and climate change », *Nature Reviews Microbiology*, vol. 18, n°1, p. 35–46.
- Jentsch, P. C., C. T. Bauch, D. Yemshanov, et M. Anand, 2020. « Go big or go home: A model-based assessment of general strategies to slow the spread of forest pests via infested firewood », *PLoS ONE*, vol. 15, n°9, p. e0238979.

- Joly, M., P. Bertrand, R. Y. Ghangou, M.-C. White, et J. Dubé, 2011. « Paving the way for invasive species: Road type and the spread of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) », *Environmental Management*, vol. 48, p. 514-522.
- Jump, A. S., R. Marchant, et J. Peñuelas, 2008. « Environmental change and the option value of genetic diversity », *Trends in Plant Science*, vol. 14, n°1, p. 51-58.
- JUS – Ministère de la Justice Canada, 1985. Loi sur les Indiens. Adresse : <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/i-5/page-1.html> (consulté en juin 2020).
- JUS – Ministère de la Justice Canada, 2018. *Principes régissant la relation du gouvernement du Canada avec les peuples autochtones*, Ottawa, ON, JUS.
- Kaisler, S., F. Armour, J. Espinosa, et W. Money, 2013. « Big Data: Issues and Challenges moving forward », Paper presented at the 46<sup>th</sup> IEEE Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, H-I.
- Keenan, R. J., 2015. « Climate change impacts and adaptation in forest management: A review », *Annals of Forest Science*, vol. 72, n°2, p. 145-167.
- Kerr, J. T. et J. Cihlar, 2003. « Land use and cover with intensity of agriculture for Canada from satellite and census data », *Global Ecology and Biogeography*, vol. 12, n°2, p. 161-172.
- Khan, M., S. Ahmad, et A. Raza, 2019a. « Integrated Weed Management for Agronomic Crops », dans Hasanuzzaman, M.(réd.), *Agronomic Crops*, Gateway East, Singapore, Springer Nature.
- Khan, S., S. Ali, A. Nawaz, S. Bukhari, S. Ejaz, et S. Ahmad, 2019b. « Integrated Pest and Disease Management for Better Agronomic Crop Production », dans Hasanuzzaman, M.(réd.), *Agronomic Crops*, Gateway East, Singapour, Springer Nature.
- Kimmerer, R. W., 2013. *Braiding Sweetgrass: Indigenous Wisdom, Scientific Knowledge, and the Teachings of Plants*. Minneapolis, MN, Milkweed Editions.
- Kirchmeier-Young, M., N. Gillett, F. Zwiers, A. Cannon, et F. Anslow, 2019. « Attribution of the influence of human-induced climate change on an extreme fire season », *Earth's Future*, vol. 7, n°1, p. 2-10.
- Klenk, N. L., 2015. « The development of assisted migration policy in Canada: An analysis of the politics of composing future forests », *Land Use Policy*, vol. 44, p. 101-109.
- Kline, K. L. et V. H. Dale, 2020. « Protecting biodiversity through forest management: Lessons learned and strategies for success », *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*, vol. 26, n°4, p121-126.
- Klinke, A. et O. Renn, 2012. « Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty », *Journal of Risk Research*, vol. 15, n°3, p. 273-292.
- Knight, S. M., D. T. Flockhart, R. Derbyshire, M. G. Bosco, et D. R. Norris, 2021. « Experimental field evidence shows milkweed contaminated with a common neonicotinoid decreases larval survival of monarch butterflies », *Journal of Animal Ecology*, vol. 90, p. 1742-1752.



- Koch, F. H. et W. D. Smith, 2010. « Representing Human-Mediated Pathways in Forest Pest Risk Mapping », dans Pye, J. M., M. H. Rauscher, Y. Sands, D. C. Lee et J. S. Beatty (réd.), *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-802: Advances in Threat Assessment and Their Application to Forest and Rangeland Management*, Portland, OR, U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Koch, R. et T. Galvan, 2007. « Bad Side of a Good Beetle: The North American Experience with *Harmonia axyridis* », dans Roy, H. et E. Wajnberg (réd.), *Biological Control to Invasion: The Ladybird *Harmonia axyridis* as a Model Species*, Cham, Suisse, Springer Nature Switzerland AG.
- Koebler, J., 2020. Hundreds of Americans Planted 'Chinese Mystery Seeds'. Adresse : [https://www.vice.com/en\\_ca/article/akz9qk/hundreds-of-americans-planted-chinese-mystery-seeds](https://www.vice.com/en_ca/article/akz9qk/hundreds-of-americans-planted-chinese-mystery-seeds) (consulté en septembre 2020).
- Korres, N. E., J. K. Norsworthy, P. Tehranchian, T. K. Gitsopoulos, D. A. Loka, D. M. Oosterhuis, ... M. R. Miller, 2016. « Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: A review », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 36, n°1, p. 12.
- Kremen, C., K. S. Ullman, et R. W. Thorp, 2011. « Evaluating the quality of citizen-scientist data on pollinator communities », *Conservation Biology*, vol. 25, n°3, p. 607-617.
- Kreyling, J., T. Bittner, A. Jaeschke, A. Jentsch, M. Jonas Steinbauer, D. Thiel, et C. Beierkuhnlein, 2011. « Assisted colonization: A question of focal units and recipient localities », *Restoration Ecology*, vol. 19, n°4, p. 433-440.
- Kulshreshtha, S. et E. Wheaton, 2013. « Climate Change Adaptation and Food Production in Canada: Some Research Challenges », dans Brebbia, C. A. et V. Popov (réd.), *Food and Environment II: The Quest for a Sustainable Future*, vol. 170, Wessex, Royaume-Uni, Wessex Institute of Technology Press.
- Kulshreshtha, S., 2019. « Resiliency of Prairie Agriculture to Climate Change », dans Hussain, S. (réd.), *Climate Change and Agriculture*, Londres, Royaume-Uni: IntechOpen.
- Kumar, V., G. Mahajan, S. Dahiya, et B. Chauhan, 2020. « Challenges and Opportunities for Weed Management in No-Till Farming Systems », dans Dang, Y., R. Dalal et N. Menzies (réd.), *No-Till Farming Systems for Sustainable Agriculture: Challenges and Opportunities*, Cham, Suisse, Springer Nature Suisse AG.
- Laforest-Lapointe, I., A. Paquette, C. Messier, et S. W. Kembel, 2017. « Leaf bacterial diversity mediates plant diversity and ecosystem function relationships », *Nature*, vol. 546, p. 145-147.
- Laforge, J., A. Fenton, V. Lavalee-Picard, et S. McLachlan, 2018. « New farmers and food policies in Canada », *Canadian Food Studies*, vol. 5, n°3, p. 128-152.
- Lamarque, J., A. Potvin, G. Pelletier, D. Stewart, N. Feau, D. O. Alayon, ... P. Tanguay, 2015. « Molecular detection of 10 of the most unwanted alien forest pathogens in Canada using real-time PCR », *PLoS ONE*, vol. 10, n°8, p. e0134265.
- Lapointe-Garant, M.-P., J.-G. Huang, G. Gea-Izquierdo, F. Raulier, P. Bernier, et F. Berninger, 2010. « Use of tree rings to study the effect of climate change on trembling aspen in Québec », *Global Change Biology*, vol. 16, n°7, p. 2039-2051.

- Lasnier, J., W. McFadden-Smith, D. Moreau, P. Bouchard, et C. Vincent, 2019. *Guide des principaux arthropodes des vignobles de l'Est du Canada*, Ottawa, ON, Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- L'Ecuyer-Sauvageau, C., J. Dupras, J. He, J. Auclair, C. Kermagoret, et T. G. Poder, 2021. « The economic value of Canada's National Capital Green Network », *PLoS ONE*, vol. 16, n°1, p. e0134265.
- Legner, C., G. Tylka, et S. Pandey, 2021. « Robotic agricultural instrument for automated extraction of nematode cysts and eggs from soil to improve integrated pest management », *Scientific Reports*, vol. 11, p. 3212.
- Lelong, B., C. Lavoie, Y. Jodoin, et F. Belzile, 2007. « Expansion pathways of the exotic common reed (*Phragmites australis*): A historical and genetic analysis », *Diversity and Distributions*, vol. 13, p. 430-437.
- Lemieux, C. J., T. J. Beechey, et P. A. Gray, 2011. « Prospects for Canada's protected areas in an era of rapid climate change », *Land Use Policy*, vol. 28, n°4, p. 928-941.
- Lepofsky, D., C. G. Armstrong, D. Mathews, et S. Greening, 2020. « Understanding the Past for the Future: Archaeology, Plants, and First Nations' Land Use and Rights », dans Turner, N. J. (réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Lewis, M., A. Christianson, et M. Spinks, 2018. « Return to flame: Reasons for burning in Lytton First Nation, British Columbia », *Journal of Forestry*, vol. 116, n°2, p. 143-150.
- Li, Z. et H. Fang, 2016. « Impacts of climate change on water erosion: A review », *Earth-Science Reviews*, vol. 163, p. 94-117.
- Liakos, K., P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, et D. Bochtis, 2018. « Machine learning in agriculture: A review », *Sensors*, vol. 18, n°8, p. 2674.
- Liang, J., T. W. Crowther, N. Picard, S. Wiser, M. Zhou, G. Alberti, ... P. B. Reich, 2016. « Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests », *Science*, vol. 354, n°6309, p. aaf8957.
- Liebhold, A. M., E. G. Brockerhoff, L. J. Garrett, J. L. Parke, et K. O. Britton, 2012. « Live plant imports: The major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 10, n°3, p. 135-143.
- Lima, A. L., 2019. Traditional Communities Contribute to the Global Environment. Adresse : <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/42060948/traditional-communities-contribute-to-the-global-environment> (consulté en juin 2021).
- Lin, B. B., 2011. « Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change », *Bioscience*, vol. 61, n°3, p. 183-193.
- Linnitt, C., 2018. « How Indigenous Peoples are Changing the Way Canada Thinks About Conservation ». *The Narwhal* (10 mars).

- Lions Gate Consulting Inc., Robinson Consulting Associates Ltd., Peak Solutions Consulting Inc., Brian Simpson Wildfire Management Services, WestCoast CED Consulting Ltd., R. Schultz, et P. Lishman, 2018. *2017 Wildfires – Opportunities to Minimize Rural Impacts*, Kamloops, BC, Ministère des Forêts, des Terres, des Opérations des ressources naturelles et du Développement rural de la Colombie-Britannique.
- Lobell, D., K. Cassman, et C. Field, 2009. « Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes », *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 34, p. 179-204.
- López, J., D. A. Way, et W. Sadok, 2021. « Systemic effects of rising atmospheric vapor pressure deficit on plant physiology and productivity », *Global Change Biology*, vol. 29, n°9, p. 1704-1720.
- Lopian, R., 2018. *Changement climatique, mesures sanitaires et phytosanitaires et commerce agricole : document d'information sur l'état des marchés des produits agricoles (2018)*, Rome, Italie, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Lorente, M., S. Gauthier, P. Bernier, et C. Ste-Marie, 2018. « Tracking forest changes: Canadian Forest Service indicators of climate change », *Climatic Change*, vol. 163, p. 1839-1853.
- Lovett, G., M. Wiess, A. Liebhold, T. Holmes, B. Leung, K. Lambert, ... T. Weldy, 2016. « Nonnative forest insects and pathogens in the United States: Impacts and policy options », *Ecological Applications*, vol. 26, n°5, p. 1437-1455.
- Lowrie, M., 2020. « Mystery Seeds Showing Up in Canadian Mailboxes May be Related to 'Brushing' Scams ». *The Globe and Mail* (5 août).
- Luu, C., 2019a. How Language and Climate Connect. Adresse : <https://daily.jstor.org/how-language-and-climate-connect/> (consulté en juillet 2021).
- Luu, C., 2019b. What We Lose When We Lose Indigenous Knowledge. Adresse : <https://daily.jstor.org/what-we-lose-when-we-lose-indigenous-knowledge/> (consulté en juillet 2021).
- MAAARO – Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, 2017. Nombre de fermes de recensement et leur superficie, au Canada et dans les provinces. Adresse : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/stats/census/number.htm> (consulté en mars 2021).
- MacLeod, A., M. Pautasso, M. J. Jeger, et R. Haines-Young, 2010. « Evolution of the international regulation of plant pests and challenges for future plant health », *Food Security*, vol. 2, n°1, p. 49-70.
- Mahlein, A.-K., 2016. « Plant disease detection by imaging sensors - parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping », *Plant Disease*, vol. 100, n°2, p. 241-251.
- Malaj, E., L. Freistadt, et C. Morrissey, 2020. « Spatio-temporal patterns of crops and agrochemicals in Canada over 35 years », *Frontiers in Environmental Science*, vol. 8, p. 556452.
- Mansuy, N., 2016. « Big data in the forest bioeconomy: The good, the bad, and the ugly », *Journal of Science & Technology for Forest Products and Processes*, vol. 5, n°5, p. 6-15.

- Mansuy, N., P. Burton, J. Stanturf, C. Beatty, C. Mooney, P. Besseau, ... R. Lapointe, 2020. « Scaling up forest landscape restoration in Canada in an era of cumulative effects and climate change », *Forest Policy and Economics*, vol. 116, p. 102177.
- Markle, C. et P. Chow-Fraser, 2018. « Effects of European common reed on Blanding's turtle spatial ecology », *The Journal of Wildlife Management*, vol. 82, n°4, p. 857-864.
- Marshall, E., 1981. « The summer of the gypsy moth », *Science*, vol. 213, n°4511, p. 991-993.
- Martinez, D., 2008. *Native Perspectives on Sustainability: Dennis Martinez (O'dham/Chicano/Anglo)* : [http://www.nativeperspectives.net/Transcripts/Dennis\\_Martinez\\_interview.pdf](http://www.nativeperspectives.net/Transcripts/Dennis_Martinez_interview.pdf). (consulté en juin 2021).
- Mason, N., D. Mouillot, W. Lee, et J. Wilson, 2005. « Functional richness, functional evenness and functional divergence: The primary components of functional diversity », *Oikos*, vol. 111, p. 112-118.
- Mathiasson, M. E. et S. M. Rehan, 2020. « Wild bee declines linked to plant-pollinator network changes and plant species introductions », *Insect Conservation and Diversity*, vol. 13, n°6, p. 1-11.
- May, W., M. St. Luce, et Y. Gan, 2020. « No-Till Farming Systems in the Canadian Prairies », dans Dang, Y., R. Dalal et N. Menzies (réd.), *No-Till Farming Systems for Sustainable Agriculture: Challenges and Opportunities*, Cham, Suisse, Springer Nature Switzerland AG.
- Maye, D., J. Dibden, V. J. G. Higgins, et C. Potter, 2012. « Governing biosecurity in a neoliberal world: Comparative perspectives from Australia and the United Kingdom », *Environment and Planning A*, vol. 44, n°1, p. 150-168.
- McCouch, S., Z. K. Navabi, M. Abberton, N. L. Anglin, R. L. Barbieri, M. Baum, ... G. J. Bryan, 2020. « Mobilizing crop biodiversity », *Molecular Plant*, vol. 13, n°10, p. 1341-1344.
- McCrossan, M. et K. L. Ladner, 2016. « Eliminating Indigenous jurisdictions: Federalism, the supreme court of Canada, and territorial rationalities of power », *Canadian Journal of Political Science/Revue canadienne de science politique*, vol. 49, n°3, p. 411-431.
- McCullough, D. G., T. T. Work, J. F. Cavey, A. M. Liebhold, et D. Marshall, 2006. « Interceptions of nonindigenous plant pests at US ports of entry and border crossings over a 17-year period », *Biological Invasions*, vol. 8, p. 611-630.
- McGregor, D., 2011. « Aboriginal/non-Aboriginal relations and sustainable forest management in Canada: The influence of the Royal Commission on Aboriginal Peoples », *Journal of Environmental Management*, vol. 92, n°2, p. 300-310.
- McIvor, B., 2020. A Cold Rain Falls: Canada's Proposed UNDRIP Legislation. Adresse : <https://www.firstpeopleslaw.com/public-education/blog/a-cold-rain-falls-canadas-proposed-undrip-legislation> (consulté en août 2021).
- McKenney, D. W., J. H. Pedlar, R. B. Rood, et D. Price, 2011. « Revisiting projected shifts in the climate envelopes of North American trees using updated general circulation models », *Global Change Biology*, vol. 17, n°8, p. 2720-2730.

- McKenney, D. W., J. Pedlar, D. Yemshanov, D. Lyons, K. Campbell, et K. Lawrence, 2012. « Estimates of the potential cost of emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) in Canadian municipalities », *Arboriculture & Urban Forestry*, vol. 38, n°3, p. 81-91.
- McKinley, D., A. Miller-Rushing, H. Ballard, R. Bonney, H. Brown, D. Evans, ... M. Soukup, 2015. « Investing in citizen science can improve natural resource management and environmental protection », *Issues in Ecology*, vol. 19, p. 1-27.
- McManus, M. et G. Csóka, 2007. « History and impact of gypsy moth in North America and comparison to recent outbreaks in Europe », *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, vol. 3, p. 47-64.
- McNeil, K., 2002. « Extinguishment of Aboriginal title in Canada: Treaties, legislation, and judicial discretion », *Ottawa Law Review*, vol. 33, n°2, p. 301-346.
- Menzel, S., E.-M. Nordstrom, M. Buchecker, A. Marques, H. Saarikoski, et A. Kangas, 2012. « Decision support systems in forest management: Requirements from a participatory planning perspective », *European Journal on Forest Research*, vol. 131, p. 1367-1379.
- Messier, C., K. Puettmann, R. Chazdon, K. Andersson, V. A. Angers, L. Brotons, ... S. A. Levin, 2015. « From management to stewardship: Viewing forests as complex adaptive systems in an uncertain world », *Conservation Letters*, vol. 8, n°5, p. 368-377.
- Messier, C., J. Bausch, F. Doyon, F. Maure, R. Sousa-Silva, P. Nolet, ... K. Puettmann, 2019. « The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes », *Forest Ecosystems*, vol. 6, p. 21.
- Messier, C., J. Bausch, R. Sousa-Silva, H. Auge, L. Baeten, N. Barsoum, ... D. Clara Zemp, 2021. « For the sake of resilience and multifunctionality, let's diversify planted forests! », *Conservation Letters*, vol., p. e12829.
- Meurer, K., J. Barron, C. Chenu, E. Coucheney, M. Fielding, P. Hallett, ... N. Jarvis, 2020. « A framework for modelling soil structure dynamics induced by biological activity », *Global Change Biology*, vol. 26, n°10, p. 5382-5403.
- Meurisse, N., D. Rassati, B. P. Hurley, E. G. Brockerhoff, et R. A. Haack, 2019. « Common pathways by which non-native forest insects move internationally and domestically », *Journal of Pest Science*, vol. 92, p. 13-27.
- Meyer, H., 2011. « Systemic risks of genetically modified crops: The need for new approaches to risk management », *Environmental Sciences Europe*, vol. 23, p. 7.
- Meyerson, L. A., K. Saltonstall, L. Windham, E. Kiviat, et S. Findlay, 2000. « A comparison of *Phragmites australis* in freshwater and brackish marsh environments in North America », *Wetlands Ecology and Management*, vol. 8, p. 89-103.
- Mezzetti, B., G. Smagghe, S. Arpaia, O. Christiaens, A. Dietz-Pfeilstetter, H. Jones, ... J. Sweet, 2020. « RNAi: What is its position in agriculture? », *Journal of Pest Science*, vol. 93, p. 1125-1130.
- Michaelian, M., E. H. Hogg, R. J. Hall, et E. Arsenault, 2011. « Massive mortality of aspen following severe drought along the southern edge of the Canadian boreal forest », *Global Change Biology*, vol. 17, n°6, p. 2084-2094.

- Michelmore, R., G. Coaker, R. Bart, G. Beattie, A. Bent, T. Bruce, ... J. Walsh, 2017. « Foundational and Translational Research Opportunities to Improve Plant Health », *Molecular Plant-Microbe Interactions*, vol. 30, n°7, p. 515 –516.
- Midge Tolerant Wheat Stewardship Team – s.d. Farmers. Adresse : <https://midgetolerantwheat.ca/farmers/> (consulté en juillet 2021).
- Milburn, L. A. S., S. J. Mulley, et C. Kline, 2010. « The end of the beginning and the beginning of the end: The decline of public agricultural extension in Ontario », *Journal of Extension*, vol. 48, n°6 : 6FEA7.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Washington, DC, World Resources Institute.
- Miller, A. M., I. J. Davidson-Hunt, et P. Peters, 2010. « Talking about fire: Pikangikum First Nation elders guiding fire management », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 40, n°12, p. 2290-2301.
- Mills, A., 2020. « Tamarack and Tobacco », dans Turner, N. J.(réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Mills, P., K. Dehnen-Schmutz, B. Ilbery, M. J. Jeger, G. Jones, R. Little, ... D. Maye, 2011. « Integrating natural and social science perspectives on plant disease risk, management and policy formulation », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 366, p. 2035-2044.
- Morandin, L., R. Long, et C. Kremen, 2016. « Pest control and pollination cost-benefit analysis of hedgerow restoration in a simplified agricultural landscape », *Journal of Economic Entomology*, vol. 109, n°3, p. 1020-1027.
- Morgan, J. et E. Connolly, 2013. « Plant-soil interactions: Nutrient uptake », *Nature Education Knowledge*, vol. 4, n°8, p. 2.
- Mori, A. S., T. Furukawa, et T. Sasaki, 2013. « Response diversity determines the resilience of ecosystems to environmental change », *Biological Reviews*, vol. 88, n°2, p. 349-364.
- Moshou, D., C. Bravo, J. West, S. Wahlen, A. McCartney, et H. Ramon, 2004. « Automatic detection of 'yellow rust' in wheat using reflectance measurements and neural networks », *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 44, p. 173-188.
- Moshou, D., X. Pantazi, D. Kateris, et I. Gravalos, 2014. « Water stress detection based on optical multisensor fusion with a least squares support vector machine classifier », *Biosystems Engineering*, vol. 117, p. 15-22.
- MRNF – Services du ministère des Richesses naturelles et des Forêts, 2019. *Forest Health Conditions in Ontario, 2018*, Peterborough, ON, MRNF, Direction des sciences et de la recherche.
- MRNF – Services du ministère des Richesses naturelles et des Forêts, 2020. *Forest Health Conditions in Ontario, 2019*, Peterborough, ON, MRNF, Direction des sciences et de la recherche.

- Mt. Pleasant, J., 2016. « Food yields and nutrient analyses of the Three Sisters: A Haudenosaunee cropping system », *Ethnobiology Letters*, vol. 7, n°1, p. 87-98.
- Mueller, D. S., K. A. Wise, A. J. Sisson, T. W. Allen, G. C. Bergstrom, D. B. Bosley, ... F. Warner, 2016. « Corn yield loss estimates due to diseases in the United States and Ontario, Canada from 2012 to 2015 », *Plant Health Progress*, vol. 17, n°3, p. 211-222.
- Mukezangango, J. et S. Page, 2017. *Aperçu statistique de l'industrie apicole canadienne et contribution économique des services de pollinisation rendus par les abeilles domestiques, 2016*, Ottawa, ON, Agriculture et Agroalimentaire Canada.
- Mulrennan, M. E. et V. Bussières, 2020. « Indigenous Environmental Stewardship: Do Mechanisms of Biodiversity Conservation Align with or Undermine It? », dans Turner, N. J.(réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Myers, J., M. Vellend, S. Gardescu, et P. Marks, 2004. « Seed dispersal by white-tailed deer: Implications for long-distance dispersal, invasion, and migration of plants in eastern North America », *Oecologia*, vol. 139, n°1, p. 35-44.
- NAFA – National Aboriginal Forestry Association, s.d. About NAFA. Adresse : <http://www.nafaforestry.org/about.html> (consulté en juillet 2020).
- Nandula, V., 2019. « Herbicide resistance traits in maize and soybean: Current status and future outlook », *Plants*, vol. 8, p. 337.
- Napoleon, V. et R. Overstall, 2007. « Indigenous laws: Some issues, considerations and experiences », *Aboriginal Policy Research Consortium International*, vol. 281, p. 1-17.
- NAPPO – Organisation nord-américaine pour la protection des végétaux, 2011. *The Role of the North American Plant Protection Organization in Addressing Invasive Alien Species*, Raleigh, NC, NAPPO.
- NCC – Nature Conservancy of Canada, 2018. Nine out of 10 Canadians are Happier in Nature. Adresse : <https://www.natureconservancy.ca/en/blog/archive/nine-out-of-10-canadians-are.html#.YJLrT9VKjIU> (consulté en mai 2021).
- Nelson, H. W. et H. W. Scorch, 2021. « How should we sustain future forests under extreme risk? », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 51, n°10, p. 1493-1500.
- Nelson, H. W., T. B. Williamson, C. Macaulay, et C. Mahony, 2016. « Assessing the potential for forest management practitioner participation in climate change adaptation », *Forest Ecology and Management*, vol. 360, p. 388-399.
- Nelson, M. P., H. Gosnell, D. R. Warren, C. Batavia, M. G. Betts, J. I. Burton, ... S. S. Perakis, 2017. « Enhancing Public Trust in Federal Forest Management », dans Olson, D. H. et B. Van Horne (réd.), *People, Forests, and Change: Lessons from the Pacific Northwest*, Washington, DC, Island Press.
- Newman, L. et E. Fraser, 2021. 3 Technologies Poised to Change Food and the Planet. Adresse : <https://theconversation.com/3-technologies-poised-to-change-food-and-the-planet-153852> (consulté en mars 2021).

- Nicholls, D. et T. Ethier, 2018. *Post-Natural Disturbance Forest Retention Guidance: 2017 Wildfires*, Victoria, BC, Ministère des forêts, des terres, des ressources naturelles et du développement rural de la Colombie-Britannique.
- Nielsen, U. N., D. H. Wall, et J. Six, 2015. « Soil biodiversity and the environment », *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 40, p. 63-90.
- Nikolakis, W. et H. Nelson, 2015. « To log or not to log? How forestry fits with the goals of First Nations in British Columbia », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 45, n°6, p. 639-646.
- Norris, C. E., G. M. Bean, S. B. Cappellazzi, M. Cope, K. L. H. Greub, D. Liptzin, ... C. W. Honeycutt, 2020. « Introducing the North American project to evaluate soil health measurements », *Agronomy Journal*, vol. 112, n°4, p. 3195-3215.
- OADA – Open Ag Data Alliance, 2021. Open Ag Data Alliance. Adresse : <https://openag.io/> (consulté en juillet 2021).
- Oberndorfer, E., N. Winters, C. Gear, G. Ljubicic, et J. Lundholm, 2017. « Plants in a “sea of relationships”: Networks of plants and fishing in Makkovik, Nunatsiavut (Labrador, Canada) », *Journal of Ethnobiology*, vol. 37, n°3, p. 458-477.
- Ochuodho, T., V. Lantz, P. Lloyd-Smith, et P. Benitez, 2012. « Regional economic impacts of climate change and adaptation in Canadian forests: A CGE modeling analysis », *Forest Policy and Economics*, vol. 25, p. 100-112.
- Ochuodho, T. O. et V. A. Lantz, 2015. « Economic impacts of climate change on agricultural crops in Canada by 2051: A global multi-regional CGE model analysis », *Environmental Economics*, vol. 6, n°1, p. 113-125.
- OIPC – Ontario Invasive Plant Council, 2020. *Grow Me Instead: Beautiful Non-Invasive Plants for Your Garden*, Peterborough, ON, OIPC.
- Olds College – 2021. Smart Farm. Adresse : <https://www.oldscollege.ca/olds-college-smart-farm/index.html> (consulté en mars 2021).
- Olds College – s.d. Agriculture Technology. Adresse : <https://www.oldscollege.ca/programs/ag-technology/index.html> (consulté en mars 2021).
- Oliver, T. H., M. S. Heard, N. J. Isaac, D. B. Roy, D. Procter, F. Eigenbrod, ... O. L. Petchey, 2015. « Biodiversity and resilience of ecosystem functions », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 30, n°11, p. 673-684.
- Ollerton, J., R. Winfree, et S. Tarrant, 2011. « How many flowering plants are pollinated by animals? », *Oikos*, vol. 120, p. 321-326.
- Ollerton, J., 2017. « Pollinator diversity: Distribution, ecological function, and conservation », *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol. 48, p. 353-376.
- OMC – Organisation mondiale du commerce, 1995. *Accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires*, Genève, Suisse, OMC.
- ONA – Okanagan Nation Alliance, 2017. Okanagan Nation Alliance. Adresse : <https://www.syilx.org> (consulté en avril 2021).



- ONGC – Office des normes générales du Canada, 2020. *Systèmes de production biologique : principes généraux et normes de gestion.*, Gatineau, QC, Gouvernement du Canada.
- Ontario Agricultural College, 2017. *Planning for Tomorrow 2.0, Summary Report*, Guelph, ON, Université de Guelph.
- Ontario Genomics, 2021. *Genomics for Agriculture and Agri-Food*. Adresse : <https://www.ontariogenomics.ca/industry-solutions/agriculture/> (consulté en mars 2021).
- ONU – Organisation des Nations unies, 1992. *Convention sur la diversité biologique*, Geneva, Suisse, ONU.
- ONU – Organisation des Nations unies, 2007. *Déclaration des Nations Unies sur les droits des peuples autochtones*, New York, NY, ONU.
- ONU – Organisation des Nations Unies, 2019. *La Culture*. Adresse : <https://www.un.org/development/desa/indigenous-peoples-fr/thematiques/la-culture.html> (consulté en novembre 2020).
- Owen, M. D., H. J. Beckie, J. Y. Leeson, J. K. Norsworthy, et L. E. Steckel, 2014. « Integrated pest management and weed management in the United States and Canada », *Pest Management Science*, vol. 71, n°3, p. 357-376.
- Page, N. A., R. E. Wall, S. J. Darbyshire, et G. A. Mulligan, 2006. « The biology of invasive alien plants in Canada. 4. *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier », *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 86, p. 569-589.
- Page-Dumroese, D. S., M. D. Busse, M. F. Jurgensen, et E. J. Jokela, 2021. « Sustaining Forest Soil Quality and Productivity », dans Stanturf, J. A. et M. A. Callahan Jr. (réd.), *Soil and Landscape Restoration*, Londres, Royaume-Uni, Academic Press.
- Paine, R., 1969. « A note on trophic complexity and community stability », *The American Naturalist*, vol. 103, p. 91-93.
- Palmer, L., M. Smith, et C. Shahi, 2015. « Community Forestry on Crown Land in Northern Ontario: Emerging Paradigm or Localized Anomaly? », dans Teitelbaum, S. (réd.), *Community Forestry in Canada: Lessons from Policy and Practice*, Vancouver, BC, UBC Press.
- Pantazi, X., D. Moshou, R. Oberti, J. West, A. Mouazen, et D. Bochtis, 2017. « Detection of biotic and abiotic stresses in crops by using hierarchical self organizing classifiers », *Precision Agriculture*, vol. 18, p. 383-393.
- Pardini, R., E. Nichols, et T. Püttker, 2017. « Biodiversity response to habitat loss and fragmentation », *Encyclopedia of the Anthropocene*, vol. 3, p. 229-239.
- Participatory Budgeting Project – s.d. What is PB? Adresse : <https://www.participatorybudgeting.org/what-is-pb/> (consulté en juillet 2021).
- Pautasso, M., K. Dehnen-Schmutz, B. Ilbery, M. J. Jeger, G. Jones, R. Little, ... P. Mills, 2012. « Plant health challenges for a sustainable land use and rural economy », *CAB Reviews*, vol. 7, n°063.

- Pautasso, M., F. Petter, A. Rortais, et A. Roy, 2015. « Emerging risks to plant health: A European perspective », *CAB Reviews*, vol. 10, n°021.
- PAWHS – Pimachiowin Aki World Heritage Site, 2020. *Pimachiowin Aki World Heritage Site: Annual Report 2020*, Winnipeg, MB, Pimachiowin Aki Corporation.
- Pedlar, J. H., D. W. McKenney, I. Aubin, T. Beardmore, J. Beaulieu, L. Iverson, ... C. Ste-Marie, 2012. « Placing forestry in the assisted migration debate », *BioScience*, vol. 62, n°9, p. 835-842.
- Pelai, R., S. M. Hagerman, et R. Kozak, 2020. « Biotechnologies in agriculture and forestry: Governance insights from a comparative systematic review of barriers and recommendations », *Forest Policy and Economics*, vol. 117, p. 102191.
- Perrow, C., 1999. *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Peters, K., L. Breitsameter, et B. Gerowitt, 2014. « Impact of climate change on weeds in agriculture: A review », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 34, n°4, p. 707-721.
- Peterson St-Laurent, G., S. Hagerman, et R. Kozak, 2018a. « What risks matter? Public views about assisted migration and other climate-adaptive reforestation strategies », *Climatic Change*, vol. 151, n°3-4, p. 573-587.
- Peterson St-Laurent, G., G. Hoberg, et S. R. J. Sheppard, 2018b. « A participatory approach to evaluating strategies for forest carbon mitigation in British Columbia », *Forests*, vol. 9, n°4, p. 225.
- Peterson St-Laurent, G., S. Hagerman, K. M. Findlater, et R. Kozak, 2019. « Public trust and knowledge in the context of emerging climate-adaptive forest policies », *Journal of Environmental Management*, vol. 242, p. 474-486.
- Peterson St-Laurent, G., R. Kozak, et S. Hagerman, 2021. « Cross-jurisdictional insights from forest practitioners on novel climate-adaptive options for Canada's forests », *Regional Environmental Change*, vol. 21, n°1, p. 4.
- Pickering, C. et A. Mount, 2010. « Do tourists disperse weed seed? A global review of unintentional human-mediated terrestrial seed dispersal on clothing, vehicles and horses », *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 18, n°2, p. 239-256.
- Ploetz, R., 1994. « Panama disease: Return of the first banana menace », *International Journal of Pest Management*, vol. 40, n°4, p. 326-336.
- POGA – Prairie Oat Growers Association, 2021. About POGA. Adresse : <https://poga.ca/poga/about-poga> (consulté en mars 2021).
- Pollan, M., 2021. « The Efficiency Curse ». *The Washington Post* (5 février).
- Potts, S. G., J. C. Biesmeijer, C. Kremen, P. Neumann, O. Schwieger, et W. E. Kunin, 2010. « Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers », *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 25, n°6, p. 345-353.

- Powell, L., A. A. Berg, D. Johnson, et J. Warland, 2007. « Relationships of pest grasshopper populations in Alberta, Canada to soil moisture and climate variables », *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 144, n°1-2, p. 73-84.
- PPMN – Prairie Pest Monitoring Network, 2021. Prairie Pest Monitoring Network. Adresse : <https://prairiepest.ca/> (consulté en juillet 2021).
- Prevéy, J. S., L. E. Parker, C. A. Harrington, C. T. Lamb, et M. F. Proctor, 2020. « Climate change shifts in habitat suitability and phenology of huckleberry (*Vaccinium membranaceum*) », *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 280, p. 107803.
- Price, D. T., R. Alfaro, K. Brown, M. Flannigan, R. A. Fleming, E. Hogg, ... D. McKenney, 2013. « Anticipating the consequences of climate change for Canada's boreal forest ecosystems », *Environmental Reviews*, vol. 21, n°4, p. 322-365.
- Prowse, T. D., C. Furgal, F. J. Wrona, et J. D. Reist, 2009. « Implications of climate change for northern Canada: Freshwater, marine, and terrestrial ecosystems », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 38, n°5, p. 282-289.
- Puettmann, K. J. et C. Messier, 2019. « Simple guidelines to prepare forests for global change: The dog and the frisbee », *Northwest Science*, vol. 93, n°3-4, p. 209-225.
- Pugnaire, F. I., J. A. Morillo, J. Peñuelas, P. B. Reich, R. D. Bardgett, A. Gaxiola, ... W. H. Van Der Putten, 2019. « Climate change effects on plant-soil feedbacks and consequences for biodiversity and functioning of terrestrial ecosystems », *Science Advances*, vol. 5, n°11, p. eaaz1834.
- Qian, B., X. Zhang, W. Smith, B. Grant, Q. Jing, A. J. Cannon, ... B. Bonsal, 2019. « Climate change impacts on Canadian yields of spring wheat, canola and maize for global warming levels of 1.5°C, 2.0°C, 2.5°C and 3.0°C », *Environmental Research Letters*, vol. 14, n°7, p. 074005.
- Rausand, M., 2011. *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, Inc.
- RCAANC – Relations Couronne–Autochtones et des Affaires du Nord Canada, 2015. Un million d'acres plus tard en Saskatchewan. Adresse : <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/fra/1428677852854/1539954110358> (consulté en mars 2021).
- RCAANC – Relations Couronne–Autochtones et des Affaires du Nord Canada, 2016. Au sujet de l'Accord définitif entre la Nation des Tla'amins, le Canada et la Colombie-Britannique. Adresse : <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/fra/1397050017650/1542999641532> (consulté en août 2021).
- RCAANC – Relations Couronne–Autochtones et des Affaires du Nord Canada, 2020. Traités et ententes. Adresse : <https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/fra/1100100028574/1529354437231> (consulté en mars 2021).
- Reed, G., N. Brunet, S. Longboat, et D. Natcher, 2020. « Indigenous guardians as an emerging approach to indigenous environmental governance », *Conservation Biology*, vol. 35, p. 179-189.

- Reeves, D. A., M. C. Reeves, A. M. Abbott, D. S. Page-Dumroese, et M. D. Coleman, 2012. « A detrimental soil disturbance prediction model for ground-based timber harvesting », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 42, p. 821-830.
- Reilly, J. R., D. R. Artz, D. Biddinger, K. Bobiwash, N. K. Boyle, C. Brittain, ... R. Winfree, 2020. « Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators », *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 287, p. 20200922.
- Reo, N. J., 2005. Ash Trees, Indian Communities and the Emerald Ash Borer. Adresse : [http://www.emeraldashborer.info/documents/Ash\\_trees\\_indian\\_communities\\_and\\_eab.pdf](http://www.emeraldashborer.info/documents/Ash_trees_indian_communities_and_eab.pdf) (consulté en février 2021).
- Richards, C. L., C. Alonso, C. Becker, O. Bossdorf, E. Bucher, M. Colomé-Tatché, ... A. Gogol-Döring, 2017. « Ecological plant epigenetics: Evidence from model and non-model species, and the way forward », *Ecology Letters*, vol. 20, n°12, p. 1576-1590.
- Rico, M. et A. Gonzalez, 2015. « Social participation into regional forest planning attending to multifunctional objectives », *Forest Policy and Economics*, vol. 59, p. 27-34.
- Rioux, D., 2003. *Dutch Elm Disease in Canada: Distribution, Impact on Urban Areas and Research*, communication présentée dans le cadre du XII World Forestry Congress, Québec, QC.
- Ristaino, J. B., P. K. Anderson, D. P. Bebber, K. A. Brauman, N. J. Cunniffe, N. V. Fedoroff, ... Q. Wei, 2021. « The persistent threat of emerging plant disease pandemics to global food security », *PNAS*, vol. 118, n°23, p. e2022239118.
- RNCAN – Ressources naturelles Canada, 2018. *L'État des forêts au Canada. Rapport annuel 2018*, Ottawa, ON, RNCAN.
- RNCAN – Ressources naturelles Canada, 2019a. Livrée des forêts. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes-et-maladies-des-forets-au-canada/livree-des-forets/13380?\\_ga=2.3535863.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes-et-maladies-des-forets-au-canada/livree-des-forets/13380?_ga=2.3535863.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en mars 2020).
- RNCAN – Ressources naturelles Canada, 2019b. Dendroctone du pin ponderosa. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes-et-maladies-des-forets-au-canada/dendroctone-du-pin-ponderosa/13382?\\_ga=2.258462285.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes-et-maladies-des-forets-au-canada/dendroctone-du-pin-ponderosa/13382?_ga=2.258462285.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en mars 2020).
- RNCAN – Ressources naturelles Canada, 2020a. 8 faits sur la forêt boréale du Canada. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au/foret-boreale/8-faits-sur-la-foret-boreale-du-canada/17395?\\_ga=2.28767483.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au/foret-boreale/8-faits-sur-la-foret-boreale-du-canada/17395?_ga=2.28767483.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en juin 2021).
- RNCAN – Ressources naturelles Canada, 2020b. Produits forestiers. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/cahier-dinformation-sur-la-foret/produits-forestiers/21715?\\_ga=2.20987900.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/cahier-dinformation-sur-la-foret/produits-forestiers/21715?_ga=2.20987900.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en août 2021).

- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020c. Impacts du climat sur la productivité et la santé du peuplier faux-tremble. Adresse : <https://cfs.rncan.gc.ca/projets/124> (consulté en mai 2021).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020d. Sol. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au-conservation-protection-des-fore/sol/13206?\\_ga=2.200325097.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au-conservation-protection-des-fore/sol/13206?_ga=2.200325097.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en septembre 2021).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020e. Saison de croissance. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/changements-climatiques/indicateurs-des-changements-fore/saison-croissance/18471?\\_ga=2.28875771.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/changements-climatiques/indicateurs-des-changements-fore/saison-croissance/18471?_ga=2.28875771.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en septembre 2020).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020f. Inventaire et changements dans l'utilisation des terres. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/changements-climatiques/comptabilisation-du-carbone-fore/inventaire-changements-lutilisation-terres/13112?\\_ga=2.234339161.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/changements-climatiques/comptabilisation-du-carbone-fore/inventaire-changements-lutilisation-terres/13112?_ga=2.234339161.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en août 2020).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020g. A propos du Service canadien des forêts , 2020g. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/le-service-canadien-des-forets/propos-service-canadien-forets/17546?\\_ga=2.142116658.128734451.1633120134-2072687690.1631217140](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/le-service-canadien-des-forets/propos-service-canadien-forets/17546?_ga=2.142116658.128734451.1633120134-2072687690.1631217140) (consulté en février 2021).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020h. BudCam. Adresse : <https://apps-scf-cfs.rncan.gc.ca/budcam/fr/index> (consulté en avril 2021).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020i. Le projet de la voie biotechnologique. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/industrie-commerce/bioeconomie-bioenergie-bioproducts-forestiers/projet-voie-biotechnologique/13322?\\_ga=2.233176025.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/industrie-commerce/bioeconomie-bioenergie-bioproducts-forestiers/projet-voie-biotechnologique/13322?_ga=2.233176025.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en août 2021).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020j. Tordeuse des bourgeons de l'épinette. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes-et-maladies-des-forets-au-canada/tordeuse-des-bourgeons-de-lepinette/13384?\\_ga=2.224303964.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/principaux-insectes-et-maladies-des-forets-au-canada/tordeuse-des-bourgeons-de-lepinette/13384?_ga=2.224303964.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en mars 2020).
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020k. L'État des forêts au Canada. Rapport annuel 2020, Ottawa, ON, RNCan.
- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020l. Propriété des terres forestières. Adresse : [https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au/propriete-des-terres-forestieres/17496?\\_ga=2.192322157.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au/propriete-des-terres-forestieres/17496?_ga=2.192322157.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en décembre 2020).

- RNCan – Ressources naturelles Canada, 2020m. Lois forestières du Canada. Adresse : [https://www.rnca.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au/lois-forestieres-du-canada/17498?\\_ga=2.37263591.63300830.1632338703-386227950.1631558427](https://www.rnca.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets-foresterie/amenagement-forestier-durable-au/lois-forestieres-du-canada/17498?_ga=2.37263591.63300830.1632338703-386227950.1631558427) (consulté en février 2021).
- Robinett, M. et D. McCullough, 2019. « White ash (*Fraxinus americana*) survival in the core of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) invasion », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 49, p. 510–520.
- Roland, J., 1993. « Large-scale forest fragmentation increases the duration of tent caterpillar outbreak », *Oecologia*, vol. 93, p. 25–30.
- Rosa, E. A., 1998. « Metatheoretical foundations for post-normal risk », *Journal of Risk Research*, vol. 1, n°1, p. 15–44.
- Rose, D. C., W. J. Sutherland, C. Parker, M. Lobley, M. Winter, C. Morris, ... L. V. Dicks, 2016. « Decision support tools for agriculture: Toward effective design and delivery », *Agricultural Systems*, vol. 149, p. 165–174.
- Rotz, S., E. Fraser, et R. C. Martin, 2017. « Situating tenure, capital and finance in farmland relations: Implications for stewardship and agroecological health in Ontario, Canada », *The Journal of Peasant Studies*, vol. 46, n°1, p. 142–164.
- Rotz, S., E. Gravely, I. Mosby, E. Duncan, E. Finnis, M. Horgan, ... E. Fraser, 2019. « Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities », *Journal of Rural Studies*, vol. 68, p. 112–122.
- RRI – Rights and Resources Initiative, 2020. *Rights-based Conservation: The Path to Preserving Earth's Biological and Cultural Diversity?*, Washington, DC, RRI.
- Rutgers, J.-S., 2021. « Opportunity Sprouts up at First Nation ». *The Winnipeg Free Press* (17 mai).
- Rutgers-Kelly, A. C. et M. H. Richards, 2013. « Effect of meadow regeneration on bee (Hymenoptera: Apoidea) abundance and diversity in southern Ontario, Canada », *The Canadian Entomologist*, vol. 145, n°6, p. 655–667.
- Saad, C., Y. Boulanger, M. Beaudet, P. Gachon, J.-C. Ruel, et S. Gauthier, 2017. « Potential impact of climate change on the risk of windthrow in eastern Canada's forests », *Climatic Change*, vol. 143, n°3, p. 487–501.
- Sambaraju, K. et D. Goodsmann, 2021. « Mountain pine beetle: An example of a climate-driven eruptive insect impacting conifer forest ecosystems », *CAB Reviews*, vol. 16, n°018.
- Sambaraju, K. R., A. L. Carroll, J. Zhu, K. Stahl, R. D. Moore, et B. H. Aukema, 2012. « Climate change could alter the distribution of mountain pine beetle outbreaks in western Canada », *Ecography*, vol. 35, p. 211–223.
- SaskCanola – Saskatchewan Canola Development Commission, s.d. Clubroot Disease. Adresse : <https://www.saskcanola.com/production/clubroot.php> (consulté en mars 2021).
- Sauchyn, D., D. Davidson, et M. Johnston, 2020. « Provinces des Prairies - Chapitre 4 », dans Warren, F. J., N. Lulham et D. S. Lemmen (éd.), *Le Canada dans un climat en changement : Le rapport sur les Perspectives régionales*, Ottawa, ON, Gouvernement du Canada.

- Savary, S., L. Willocquet, S. J. Pethybridge, P. Esker, N. McRoberts, et A. Nelson, 2019. « The global burden of pathogens and pests on major food crops », *Nature Ecology & Evolution*, vol. 3, p. 430-439.
- Savo, V., D. Lepofsky, J. P. Benner, K. E. Kohfeld, J. Bailey, et K. Lertzman, 2016. « Observations of climate change among subsistence-oriented communities around the world », *Nature Climate Change*, vol. 6, p. 462-473.
- SC – Santé Canada, 2020. *Mise à jour concernant les pesticides de la classe des néonicotinoïdes*, Ottawa, ON, SC.
- Schlarbaum, S. E., F. Hebard, P. C. Spaine, et J. C. Kamalay, 1997. *Three American Tragedies: Chestnut Blight, Butternut Canker, and Dutch Elm Disease*, communication présentée dans le cadre du Exotic Pests of Eastern Forests, Nashville, TN.
- Schnitzer, S. A., J. N. Klironomos, J. Hillerislambers, L. L. Kinkel, P. B. Reich, K. Xiao, ... M. Scheffer, 2011. « Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern », *Ecology*, vol. 92, n°2, p. 296-303.
- SCSSA – Système canadien de surveillance de la santé animale, 2020a. Démarche, orientation et vision du
- SCSSA – Système canadien de surveillance de la santé animale, 2020b. Bibliothèque de ressources du Système canadien de surveillance de la santé animale. Adresse : <https://cahss.ca/cahss-tools/document-library?l=fr-CA> (consulté en avril 2021).
- SCSSA – Système canadien de surveillance de la santé animale, 2020c. Réseaux du SCSSA. Adresse : <https://cahss.ca/cahss-networks?l=fr-CA> (consulté en avril 2021).
- Searle, E. B. et H. Y. Chen, 2017. « Persistent and pervasive compositional shifts of western boreal forest plots in Canada », *Global Change Biology*, vol. 23, n°2, p. 857-866.
- Seastedt, T. R., R. J. Hobbs, et K. N. Suding, 2008. « Management of novel ecosystems: Are novel approaches required? », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, n°10, p. 547-553.
- SeedChange, 2021. Ce que nous faisons. Adresse : <https://onsemelavenir.org/notre-travail/ce-que-nous-faisons/> (consulté en avril 2021).
- Seidl, R., D. Thom, M. Kautz, D. Martin-Benito, M. Peltoniemi, G. Vacchiano, ... J. Honkaniemi, 2017. « Forest disturbances under climate change », *Nature Climate Change*, vol. 7, n°6, p. 395-402.
- Serrouya, R., D. R. Seip, D. Hervieux, B. N. McLellan, R. S. McNay, R. Steenweg, ... S. Boutin, 2019. « Saving endangered species using adaptive management », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 116, n°13, p. 6181.
- Settele, J., J. Bishop, et S. G. Potts, 2016. « Climate change impacts on pollination », *Nature Plants*, vol. 2, p. 16092.
- Sexton, A. N. et S. M. Emery, 2020. « Grassland restorations improve pollinator communities: A meta-analysis », *Journal of Insect Conservation*, vol. 24, n°4, p. 719-726.

- Shah, A. N., M. Tanveer, B. Shahzad, G. Yang, S. Fahad, S. Ali, ... B. Souliyanonh, 2017. « Soil compaction effects on soil health and crop productivity: An overview », *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, n°11, p. 10056-10067.
- Shepherd, T. G., 2014. « Atmospheric circulation as a source of uncertainty in climate change projections », *Nature Geoscience*, vol. 7, n°10, p. 703-708.
- Sheppard, S., 2005. « Participatory decision support for sustainable forest management: A framework for planning with local communities at the landscape level in Canada », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 35, n°7, p. 1515-1526.
- Shine, C., 2007. « Invasive species in an international context: IPPC, CBD, European Strategy on Invasive Alien Species and other legal instruments », *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, vol. 37, n°1, p. 103-113.
- Shrestha, P., G. E. Small, et A. Kay, 2020. « Quantifying nutrient recovery efficiency and loss from compost-based urban agriculture », *PLoS ONE*, vol. 15, n°4, p. e0230996.
- Shukla, S., J. Alfaro, C. Cochrane, C. Garson, G. Mason, J. Dyck, ... J. Barkman, 2019. « Nimiciwinan, nipimatisiwinan – “Our food is our way of life”: On-reserve First Nation perspectives on community food security and sovereignty through oral history in Fisher River Cree Nation, Manitoba », *Canadian Food Studies*, vol. 6, n°2, p. 73-100.
- Siegert, N., D. McCullough, A. Liebhald, et F. Telewski, 2014. « Dendrochronological reconstruction of the epicentre and early spread of emerald ash borer in North America », *Diversity and Distributions*, vol. 20, p. 847-858.
- Silliman, B. R. et M. D. Bertness, 2004. « *Phragmites australis* and the loss of plant diversity on New England salt marshes », *Conservation Biology*, vol. 18, n°5, p. 1424-1434.
- Simard, S. et M. Austin, 2010. « The Role of Mycorrhizas in Forest Soil Stability with Climate Change », dans Simar, S. (réd.), *Climate Change and Variability*, Londres, Royaume-Uni, IntechOpen.
- Simard, S., A. Asay, K. Beiler, M. Bingham, J. Deslippe, X. He, ... F. Teste, 2015. « Resource Transfer Between Plants Through Ectomycorrhizal Fungal Networks », dans Horton, T. R. (réd.), *Mycorrhizal Networks*, vol. 224, Dordrecht, Pays-Bas, Springer.
- Singla, A., H. Barmota, S. K. Sahoo, et B. K. Kang, 2020. « Influence of neonicotinoids on pollinators: A review », *Journal of Apicultural Research*, vol. 60, n°1, p. 19-32.
- Skogstad, G., 2012. « Effecting Paradigm Change in the Canadian Agriculture and Food Sector: Toward a Multifunctionality Paradigm », dans Macrae, R. et E. Abergel (réd.), *Health and Sustainability in the Canadian Food System*, Vancouver, BC, UBC Press.
- Skolrud, T., K. Belcher, P. Lloyd-Smith, P. Slade, A. Weersink, F. Abayateye, et S. Prescott, 2020. *Measuring Externalities in Canadian Agriculture: Understanding the Impact of Agricultural Production on the Environment*, Ottawa, ON, The Canadian Agri-Food Policy Institute.
- Small Scale Food Manitoba Working Group, 2015. *Advancing the Small Scale, Local Food Sector in Manitoba: A Path Forward*, Winnipeg, MB, Manitoba Agriculture, Food and Rural Development.



- Smith, S. E. et D. Read, 2008. « The Symbionts Forming Arbuscular Mycorrhizas », dans *Mycorrhizal Symbiosis*, Cambridge, MA, Academic Press.
- Smith, W., B. Grant, R. Desjardins, R. Kroebel, C. Li, B. Qian, ... C. Drury, 2013. « Assessing the effects of climate change on crop production and GHG emissions in Canada », *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 179, p. 139-150.
- Snyder, E. et M. Anions, 2008. *Pathways Analysis of Invasive Plants and Insects in the Northwest Territories: Project PM 005529*, Ottawa, ON, NatureServe Canada.
- Sokol, N. W., S. W. Kuebbing, E. Karlsen-Ayala, et M. A. Bradford, 2019. « Evidence for the primacy of living root inputs, not root or shoot litter, in forming soil organic carbon », *New Phytologist*, vol. 221, p. 233-246.
- Soltani, N., J. Dille, I. Burke, W. Everman, M. VanGessel, V. Davis, et P. Sikkema, 2017. « Perspectives on potential soybean yield losses from weeds in North America », *Weed Technology*, vol. 31, p. 148-154.
- Songhees Nation, 2021. ɫəkwəŋən Traditional Territory. Adresse : <https://www.songheesnation.ca/community/l-k-ng-n-traditional-territory> (consulté en août 2021).
- Spalding, P., 2020. « Partnerships of Hope: How Ethnoecology Can Support Robust Co-Management Agreements between Public Governments and Indigenous Peoples », dans Turner, N. J.(réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Spud Smart, 2020. Potato Wart Found in P.E.I Potato Fields. Adresse : <https://spudsmart.com/potato-wart-found-in-p-e-i-potato-fields/> (consulté en juin 2021).
- Stafford, J. V., 2000. « Implementing precision agriculture in the 21st century », *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 76, p. 267-275.
- Stafford, M. S., L. Horrocks, A. Harvey, et C. Hamilton, 2011. « Rethinking adaptation for a 4°C world », *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, vol. 369, n°1934, p. 196-216.
- StatCan – Statistique Canada, 2011. *Recensement de l'agriculture de 2011*, Ottawa, ON, StatCan.
- StatCan – Statistique Canada, 2016. *Portrait des exploitations agricoles au Canada*, Ottawa, ON, StatCan.
- StatCan – Statistique Canada, 2017a. *Un portrait des exploitations agricoles au XXIe siècle*, Ottawa, ON, StatCan.
- StatCan – Statistique Canada, 2017b. Chiffres de population et des logements – Faits saillants en tableaux, Recensement de 2016. Adresse : <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/hltfst/pd-pl/index-fra.cfm> (consulté en novembre 2020).
- StatCan – Statistique Canada, 2017c. *Les exploitants agricoles récoltent le fruit de leurs choix de semis*, Ottawa, ON, StatCan.

- StatCan – Statistique Canada, 2018. Les forêts et le secteur forestier au Canada. Adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/16-201-x/2018001/sec-2-fra.htm> (consulté en août 2020).
- StatCan – Statistique Canada, 2019a. Compte économique de l'agriculture et de l'agroalimentaire, 2015. Adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/190730/dq190730a-fra.htm> (consulté en décembre 2020).
- StatCan – Statistique Canada, 2019b. Recensement de 2011 – Fichiers des limites. Adresse : <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/geo/bound-limit/bound-limit-2011-fra.cfm> (consulté en mai 2021).
- StatCan – Statistique Canada, 2020a. *Estimation de la superficie, du rendement, de la production, du prix moyen à la ferme et de la valeur totale à la ferme des principales grandes cultures, en unités métriques et impériales, Tableau : 32-10-0359-01 (anciennement CANSIM 001-0017)*, Ottawa, ON, StatCan.
- StatCan – Statistique Canada, 2020b. Recettes monétaires agricoles, premier trimestre de 2020. Adresse : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/200526/dq200526b-fra.htm> (consulté en mai 2021).
- StatCan – Statistique Canada, 2021a. *Pratiques de travail du sol utilisées pour préparer les terres pour les semis, Tableau : 32-10-0408-01*, Ottawa, ON, StatCan.
- StatCan – Statistique Canada, 2021b. Caractéristiques de la population active selon la région et le groupe autochtone détaillé. Adresse : [https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410036501&pickMembers%5B0%5D=3.2&pickMembers%5B1%5D=4.1&pickMembers%5B2%5D=5.1&cubeTimeFrame.startYear=2016&cubeTimeFrame.endYear=2020&referencePeriods=20160101%2C20200101&request\\_locale=fr](https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1410036501&pickMembers%5B0%5D=3.2&pickMembers%5B1%5D=4.1&pickMembers%5B2%5D=5.1&cubeTimeFrame.startYear=2016&cubeTimeFrame.endYear=2020&referencePeriods=20160101%2C20200101&request_locale=fr) (consulté en mai 2021).
- StatCan – Statistique Canada, 2021c. Recettes monétaires agricoles, annuel (x1,000). Adresse : [https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210004501&request\\_locale=fr](https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3210004501&request_locale=fr) (consulté en mai 2021).
- Steele, P., 2015. *Closing Canada's Big Data Talent Gap*, Toronto, ON, Canada's Big Data Consortium, Ryerson University.
- Stilgoe, J., R. Owen, et P. Macnaghten, 2013. « Developing a framework for responsible innovation », *Research Policy*, vol. 42, n°9, p. 1568-1580.
- Stockstad, E., 2019. « Banana fungus puts Latin America on alert », *Science* vol. 365, n°6450, p. 207208.
- Stolz, W., 2018. *Coming to Know Through Story: Exploring the Social Economy of Blueberry Foraging in Northwestern Ontario* (Master's thesis), Thunder Bay, ON, Lakehead University, School of Graduate Studies.
- Stover, R. H., 1962. *Fusarial Wilt (Panama Disease) of Bananas and Other Musa Species*. Kew, Angleterre, Commonwealth Mycological Institute.

- Strelkov, S., S.-F. Hwang, V. Manolii, G. Turnbull, R. Fredua-Agyeman, K. Hollman, et S. Kaus, 2020. « Characterization of clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) from canola (*Brassica napus*) in the Peace Country of Alberta, Canada », *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 43, n°1, p. 155-161.
- Strelkov, S. E. et S.-F. Hwang, 2014. « Clubroot in the Canadian canola crop: 10 years into the outbreak », *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 36, n°sup1, p. 27-36.
- Swarup, S., E. J. Cargill, K. Crosby, L. Flagel, J. Kniskern, et K. C. Glenn, 2020. « Genetic diversity is indispensable for plant breeding to improve crops », *Crop Science*, vol. 61, p. 839-852.
- Szabo, N. D., S. R. Colla, D. L. Wagner, L. F. Gall, et J. T. Kerr, 2012. « Do pathogen spillover, pesticide use, or habitat loss explain recent North American bumblebee declines? », *Conservation Letters*, vol. 5, n°3, p. 232-239.
- Tait, C., 2017. « As the Climate Changes, Farmers Look to Adapt ». *The Globe and Mail* (8 septembre).
- Tang, E., 2003. *Agriculture: The Relationship Between Aboriginal Farmers and Non-Aboriginal Farmers*, Saskatoon, SK, Western Development Museum/Saskatchewan Indian Cultural Centre.
- Tanis, S. et D. McCullough, 2015. « Host resistance of five *Fraxinus* species to *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) and effects of paclobutrazol and fertilization », *Experimental Entomology*, vol. 44, n°2, p. 287-299.
- Taylor, A. R., D. A. MacLean, P. D. Neily, B. Stewart, E. Quigley, S. P. Basquill, ... M. Pulsifer, 2020. « A review of natural disturbances to inform implementation of ecological forestry in Nova Scotia, Canada », *Environmental Reviews*, vol. 28, n°4, p. 387-414.
- Teitelbaum, S. et R. Bullock, 2012. « Are community forestry principles at work in Ontario's county, municipal, and conservation authority forests? », *The Forestry Chronicle*, vol. 88, n°6, p. 697-707.
- Teitelbaum, S., (réd.), 2015. *Community Forestry in Canada: Lessons from Policy and Practice*. Vancouver, BC, UBC Press.
- Teixeira-Martins, K., 2013. *Pollination Services are Mediated by Bee Functional Diversity and Landscape Context* (Master's thesis), Montréal, QC, McGill University.
- Terbasket, P. et S. Shields, 2019. « Syilx perspective on original foods: Yesterday, today, and tomorrow », *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, vol. 9, p. 49-54.
- Teufel, B., G. Diro, K. Whan, S. Milrad, D. Jeong, A. Ganji, ... R. de Elia, 2017. « Investigation of the 2013 Alberta flood from weather and climate perspectives », *Climate Dynamics*, vol. 48, n°9, p. 2881-2899.
- The IR-4 Project, s.d.-a. About IR-4. Adresse : <https://www.ir4project.org/about-ir4/> (consulté en juillet 2021).

The IR-4 Project, s.d.-b. Canadian Partners. Adresse :

<https://www.ir4project.org/canadian-partners/> (consulté en juillet 2021).

The Royal Society, 2009. *Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture*, Londres, Royaume-Uni, The Royal Society.

Therond, O., M. Duru, J. Roger-Estrade, et G. Richard, 2017. « A new analytical framework of farming system and agricultural model diversities: A review », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 37, 21.

Thiessen Martens, J., M. Entz, et M. Wonneck, 2013. *Ecological Farming Systems on the Canadian Prairies: A Path to Profitability, Sustainability and Resilience*, Ottawa, ON, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Thiffault, N. et V. Roy, 2011. « Living without herbicides in Québec (Canada): Historical context, current strategy, research and challenges in forest vegetation management », *European Journal on Forest Research*, vol. 130, p. 117-133.

Thomas, S., 2017. « How Does your Business Stand to Benefit from Big Data? ». *Innovation Management* (22 mars).

Thompson, A., 2020. « Sept. 3 protest in Burlington to oppose aerial herbicide spraying on North Mountain ». *The Chronicle Herald* (2 septembre).

Thompson, D., J. Leach, M. Noel, S. Odsen, et M. Mihajlovich, 2012. « Aerial forest herbicide application: Comparative assessment of risk mitigation strategies in Canada », *The Forestry Chronicle*, vol. 88, n°2, p. 176-184.

Thompson, K., N. Reece, N. Robinson, H. Fisher, N. Ban, et C. Picard, 2019. « “We monitor by living here”: community-driven actualization of a social-ecological monitoring program based in the knowledge of Indigenous harvesters », *FACETS*, vol. 15, p. 293-314.

Thomson, J. D., 2019. « Progressive deterioration of pollination service detected in a 17-year study vanishes in a 26-year study », *New Phytologist*, vol. 224, p. 1151-1159.

Tiago, P., A. Ceia-Hasse, T. A. Marques, C. Capinha, et H. M. Pereira, 2017. « Spatial distribution of citizen science casuistic observations for different taxonomic groups », *Scientific Reports*, vol. 7, p. 12832.

Tilman, D., P. B. Reich, et F. Isbell, 2012. « Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory », *PNAS*, vol. 109, n°26, p. 10394-10397.

Tozer, D. et G. Beck, 2010. « How do recent changes in Lake Erie affect birds? Part one: Invasive *Phragmites* », *Ontario Birds*, vol. 36, n°3, p. 161-169.

Trivedi, P., J. E. Leach, S. G. Tringe, T. Sa, et B. K. Singh, 2020. « Plant-microbiome interactions: From community assembly to plant health », *Nature Reviews*, vol. 18, p. 607-621.

TRNEE – Table ronde nationale sur l’environnement et l’économie, 2011. *Le prix à payer : répercussions économiques du changement climatique pour le Canada*, Ottawa, ON, TRNEE.

Trusler, S. et L. M. Johnson, 2008. « “Berry patch” as a kind of place—The ethnoecology of black huckleberry in northwestern Canada », *Human Ecology*, vol. 36, n°4, p. 553-568.

- T̓silhqot'in National Government, 2021. *Summary: The T̓silhqot'in Decision Aboriginal Title Case*, Williams Lake, BC, T̓silhqot'in National Government.
- Turner, L., 2021. Kitchenuhmaykoosib Inninuwug Opposes Federal Government's Proposal to Implement UNDRIP. Adresse : <https://www.cbc.ca/news/canada/thunder-bay/ki-rejects-federal-undrip-bill-1.5887344> (consulté en février 2021).
- Turner, N. et P. R. Spalding, 2013. « "We might go back to this"; Drawing on the past to meet the future in northwestern North American Indigenous communities », *Ecology and Society*, vol. 18, n°4, p. 29.
- Turner, N. J. et K. L. Turner, 2008. « "Where our women used to get the food": Cumulative effects and loss of ethnobotanical knowledge and practice; case study from coastal British Columbia », *Botany*, vol. 86, n°2, p. 103-115.
- Turner, N. J. et H. Clifton, 2009. « "It's so different today": Climate change and indigenous lifeways in British Columbia, Canada », *Global Environmental Change*, vol. 19, n°2, p. 180-190.
- Turner, N. J., J. T. Arnason, R. J. Hebda, et T. Johns, 2012. Utilisation des plantes par les Autochtones. Adresse : <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/utilisation-des-plantes-par-les-autochtones> (consulté en juillet 2020).
- Turner, N. J., 2016. « "Roots of reflection": Spiritual aspects of plant harvesting, ethnoecological practice and sustainability for Indigenous Peoples of northwestern North America », *Les actes de colloques de musée du quai Branly Jacques Chirac*, vol. 6, p. 1-12.
- Turner, N. J., P. Spalding, et D. Deur, 2020. « Introduction: Making a Place for Indigenous Botanical Knowledge and Environmental Values in Land-Use Planning and Decision Making », dans Turner, N. J. (réd.), *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*, Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Turner, N. J., (réd.), 2020. *Plants, People, and Places: The Roles of Ethnobotany and Ethnoecology in Indigenous Peoples' Land Rights in Canada and Beyond*. Montréal, QC et Kingston, ON, McGill-Queen's University Press.
- Upreti, Y., H. Asselin, Y. Bergeron, F. Doyon, et J.-F. Boucher, 2012. « Contribution of traditional knowledge to ecological restoration: Practices and applications », *Ecoscience*, vol. 19, n°3, p. 225-237.
- Upreti, Y., H. Asselin, et Y. Bergeron, 2017. « Preserving ecosystem services on Indigenous territory through restoration and management of a cultural keystone species », *Forests* vol. 8, p. 194.
- Valerio, M., M. Tomecek, S. Lovelli, et L. Ziska, 2011. « Quantifying the effect of drought on carbon dioxide-induced changes in competition between a C3 crop (tomato) and a C4 weed (*Amaranthus retroflexus*) », *Weed Research*, vol. 51, n°6, p. 591-600.

- Van der Heijden, M. G. A., J. N. Klironomos, M. Ursic, P. Moutoglis, R. Streitwolf-Engel, T. Boller, ... I. R. Sanders, 1998. « Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity », *Nature*, vol. 396, p. 69-72.
- Van Eerd, L., K. Congreves, M. Arcand, Y. Lawley, et C. Halde, 2021. « Soil Health and Management », dans Krzic, M., F. L. Walley, A. Diochon, M. C. Paré et R. E. Farrell (réd.), *Digging into Canadian Soils: An Introduction to Soil Science*, Pinawa, MB, Canadian Society of Soil Science.
- Van Eerd, L. L., A. H. deBruyn, L. Ouellette, D. C. Hooker, et D. E. Robinson, 2018. « Quantitative and qualitative comparison of three wet aggregate stability methods using a long-term tillage system and crop rotation experiment », *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 98, p. 738-742.
- Vanbergen, A. J. et The Insect Pollinators Initiative, 2013. « Threats to an ecosystem service: Pressures on pollinators », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 11, n°5, p. 251-259.
- Vincent, L. A., X. L. Wang, E. J. Milewska, H. Wan, F. Yang, et V. Swail, 2012. « A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis », *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 117, p. D18110.
- Vyn, R. J., 2019. *Estimated Expenditures on Invasive Species in Ontario: 2019 Survey Results*, Sault Ste. Marie, ON, Invasive Species Centre.
- Waage, J. K. et J. D. Mumford, 2008. « Agricultural biosecurity », *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 363, n°1492, p. 863-876.
- Walker, G. B. et S. E. Daniels, 2019. « Collaboration in environmental conflict management and decision-making: Comparing best practices with insights from collaborative learning work », *Frontiers in Communication*, vol. 4, p. 2.
- Walker, M. D., C. H. Wahren, R. D. Hollister, G. H. Henry, L. E. Ahlquist, J. M. Alatalo, ... A. B. Carroll, 2006. « Plant community responses to experimental warming across the tundra biome », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, n°5, p. 1342-1346.
- Wall, D. H. et U. N. Nielsen, 2012. « Biodiversity and ecosystem services: Is it the same below ground? », *Nature Education Knowledge*, vol. 3, n°12, p. 8.
- Walsh, M., J. Broster, L. Schwartz-Lazaro, J. Norsworthy, A. Davis, B. Tidemann, ... M. Bagawathiannan, 2018. « Opportunities and challenges for harvest weed seed control in global cropping systems », *Pest Management Science*, vol. 74, n°10, p. 2235-2245.
- Wang, J., 2018. *Canada's Statistics on Land Cover and Land Use Change in Metropolitan Areas*, Paris, France, Organisation de Coopération et de Développement.
- Wang, X., D. K. Thompson, G. A. Marshall, C. Tymstra, R. Carr, et M. D. Flannigan, 2015. « Increasing frequency of extreme fire weather in Canada with climate change », *Climatic Change*, vol. 130, n°4, p. 573-586.
- Wang, Z. et P. Leblond, 2019. *Canola Disputes in Canada-China Agricultural Trade: A Chinese Policy Perspective*, Ottawa, ON, L'Institut canadien des politiques agroalimentaires.

- Wavey, R., 1991. « International Workshop on Indigenous Knowledge and Community-Based Resource Management: Keynote Address », dans Inglis, J. T.(réd.), *Traditional Ecological Knowledge Concepts and Cases*, Winnipeg, MB, International Program on Traditional Ecological Knowledge International Development Research Centre.
- Way, D. A. et R. A. Montgomery, 2015. « Photoperiod constraints on tree phenology, performance and migration in a warming world », *Plant, Cell & Environment*, vol. 38, n°9, p. 1725-1736.
- Weaver, S. et M. Downs, 2009. Fiche technique : la laitue scariole. Adresse : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/03-042.htm> (consulté en mai 2021).
- Weersink, A., E. Fraser, D. Pannell, E. Duncan, et S. Rotz, 2018. « Opportunities and challenges for big data in agricultural and environmental analysis », *Annual Review of Resource Economics*, vol. 10, p. 19-37.
- Wei, Z., Y. Gu, V.-P. Friman, G. A. Kowalchuk, Y. Xu, Q. Shen, et A. Jousset, 2019. « Initial soil microbiome composition and functioning predetermine future plant health », *Science Advances*, vol. 5, p. eaaw0759.
- Wesche, S. D. et H. M. Chan, 2010. « Adapting to the impacts of climate change on food security among Inuit in the Western Canadian Arctic », *EcoHealth*, vol. 7, n°3, p. 361-373.
- Westfall, R. et B. Glickman, 2004. « Conservation of Indigenous Medicinal Plants in Canada », dans Hooper, T.(réd.), *Species at Risk 2004 Pathways to Recovery Conference*, Victoria, BC.
- Wheaton, E., S. Kulshreshtha, V. Wittrock, et G. Koshida, 2008. « Dry times: Hard lessons from the Canadian drought of 2001 and 2002 », *The Canadian Geographer / Le Géographe canadien*, vol. 52, n°2, p. 241-262.
- White, E., 2019. « Governments Say Glyphosate is Safe, But Some Say 'Poison' is Being Sprayed on Northern Forests ». *CBC News* (2 juillet).
- Whitehorn, P. R., S. O'Connor, F. L. Wackers, et D. Goulson, 2012. « Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production », *Science*, vol. 336, n°6079, p. 351-352.
- Wigmore, I., 2014. Small Data. Adresse : <https://whatis.techtarget.com/definition/small-data> (consulté en août 2021).
- Williams, M. I. et R. K. Dumroese, 2013. « Preparing for climate change: Forestry and assisted migration », *Journal of Forestry*, vol. 111, n°4, p. 287-297.
- Williamson, T. B., M. A. Campagna, et A. E. Ogden, 2012. *Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : une approche pour évaluer la vulnérabilité et intégrer l'adaptation dans le processus décisionnel*, Ottawa, ON, Conseil canadien des ministres des forêts.
- Williamson, T. B., M. H. Johnston, H. W. Nelson, et J. E. Edwards, 2019. « Adapting to climate change in Canadian forest management: Past, present and future », *The Forestry Chronicle*, vol. 95, n°2, p. 76-90.

- Wilson, C. E., K. L. Castro, G. B. Thurston, et A. Sissons, 2016. « Pathway risk analysis of weed seeds in imported grain: A Canadian perspective », *NeoBiota*, vol. 30, p. 49-74.
- Wilson, W. A., 2004. « Introduction: Indigenous knowledge recovery is indigenous empowerment », *American Indian Quarterly*, vol. 28, p. 359-372.
- Wolfert, S., L. Ge, C. Verdouw, et M. J. Bogaardt, 2017. « Big data in smart farming – A review », *Agricultural Systems*, vol. 153, p. 69-80.
- Wood, L., 2019. « The presence of glyphosate in forest plants with different strategies one year after application », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 49, n°6, p. 586-594.
- Wyka, S. A., I. A. Munck, N. J. Brazee, et K. D. Broders, 2018. « Response of eastern white pine and associated foliar, blister rush, canker and root rot pathogens to climate change », *Forest Ecology and Management*, vol. 423, p. 18-26.
- XCFC – Xaxli’p Community Forest, 2018a. Ecosystem-Based Planning. Adresse : <https://www.xcfc.ca/traditional-use-study> (consulté en avril 2021).
- XCFC – Xaxli’p Community Forest, 2018b. About the Xaxli’p Community Forest. Adresse : <https://www.xcfc.ca/about-us> (consulté en avril 2021).
- XCFC – Xaxli’p Community Forest, 2018c. Our History. Adresse : <https://www.xcfc.ca/history> (consulté en avril 2021).
- Yemshanov, D., F. H. Koch, M. Ducey, et K. Koehler, 2012. « Trade-associated pathways of alien forest insect entries in Canada », *Biological Invasions*, vol. 14, p. 797-812.
- Young Agrarians, 2021. Regenerative Farming and Soil Health. Adresse : <https://youngagrarians.org/about/regenerative-farming/> (consulté en avril 2021).
- Zambrano, J., C. Garzon-Lopez, L. Yeager, C. Fortunel, N. Cordeiro, et N. Beckman, 2019. « The effects of habitat loss and fragmentation on plant functional traits and functional diversity: What do we know so far? », *Oecologia*, vol. 191, p. 505-518.
- Zavala, J. A., L. Gog, et R. Giacometti, 2017. « Anthropogenic increase in carbon dioxide modifies plant–insect interactions », *Annals of Applied Biology*, vol. 170, n°1, p. 68-77.
- Zheng, X., B. Koopmann, B. Ulber, et A. von Tiedemann, 2020. « A global survey on diseases and pests in oilseed rape — Current challenges and innovative strategies of control », *Frontiers in Agronomy*, vol. 2, p. 590908.
- Zhu, Z., Y. Hao, M. Mergoum, G. Bai, G. Humphreys, S. Cloutier, ... Z. He, 2019. « Breeding wheat for resistance to Fusarium head blight in the Global North: China, USA, and Canada », *The Crop Journal*, vol. 7, n°6, p. 730-738.
- Zilberman, D., T. G. Holland, et I. Trilnick, 2018. « Agricultural GMOs—what we know and where scientists disagree », *Sustainability*, vol. 10, p. 1514.

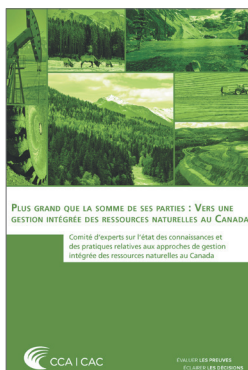


# Rapports utiles du CAC

Les rapports d'évaluation répertoriés ci-dessous sont accessibles sur le site Web du CAC ([www.rapports-cac.ca](http://www.rapports-cac.ca)) :



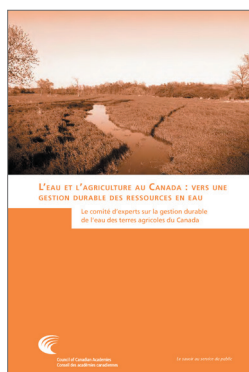
Les principaux risques des changements climatiques pour le Canada (2019)



Plus grand que la somme de ses parties : Vers une gestion intégrée des ressources naturelles au Canada (2019)



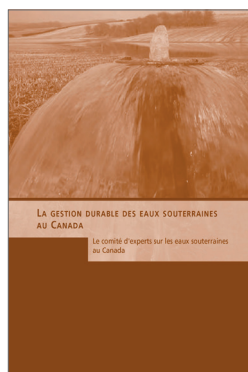
La sécurité alimentaire des populations autochtones dans le Nord du Canada : Évaluation de l'état des connaissances (2014)



L'eau et l'agriculture au Canada : vers une gestion durable des ressources en eau (2013)



La taxonomie canadienne : explorer la biodiversité, créer des possibilités (2010)



La gestion durable des eaux souterraines au Canada (2009)

## Conseil d'administration du CAC\*

**Sioban Nelson (présidente par intérim), inf. aut., MACSS**, professeure, Faculté des sciences infirmières, Université de Toronto; présidente, Académie canadienne des sciences de la santé (Toronto, Ont.)

**Soheil Asgarpour, FACG**, président, Petroleum Technology Alliance Canada; président désigné, Académie canadienne du génie (Calgary, Alb.)

**Yves Beauchamp, C.M., FACG**, vice-principal, administration et finances, Université McGill; président, Académie canadienne du génie (Montréal, Qc)

**Chantal Guay, FACG**, directrice générale, Conseil canadien des normes (Ottawa, Ont.)

**Jawahar (Jay) Kalra, M.D., MACSS**, professeur, Département de pathologie et de médecine de laboratoire et membre du Conseil des gouverneurs, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

**Cynthia E. Milton**, vice-présidente associée à la recherche, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

**Sue Molloy**, Présidente de Glas Ocean Electric et professeure auxiliaire à l'Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

**Proton Rahman, M.D., MACSS**, professeur-chercheur universitaire, Faculté de médecine, Université Memorial (St. John's, T.-N.-L.)

**Donna Strickland, C.C., MSRC, FACG**, professeure, Département de physique et d'astronomie, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

**Julia M. Wright, MSRC**, professeure, Département d'anglais, et professeure-chercheuse universitaire, Université Dalhousie; présidente, Académie des arts, des lettres et des sciences humaines, Société royale du Canada (Halifax, N.-É.)

\* En janvier 2022

## Comité consultatif scientifique du CAC\*

**David Castle (président)**, professeur, École d'administration publique et Gustavson School of Business; chercheur en résidence, Bureau du conseiller scientifique principal du premier ministre du Canada (Victoria, C.-B.)

**Maydianne C. B. Andrade**, professeure de sciences biologiques, Université de Toronto à Scarborough; présidente, Réseau canadien des scientifiques noirs (Toronto, Ont.)

**Peter Backx, MSRC**, professeur, Département de biologie; titulaire, Chaire de recherche du Canada en biologie cardiovasculaire, Université York (Toronto, Ont.)

**Stephanie E. Chang**, professeure, School of Community and Regional Planning and Institute for Resources, Environment and Sustainability, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

**Neena L. Chappell, C.M., MSRC, MACSS**, professeure émérite, Institute on Aging and Lifelong Health et Département de sociologie, Université de Victoria (Victoria, C.-B.)

**Jackie Dawson**, titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'environnement, la société et les politiques et professeure agrégée au Département de géographie, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

**Colleen M. Flood, MSRC, MACSS**, directrice, Centre de droit, politique et éthique de la santé; professeure, Faculté de droit (section droit commun), Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

**Jeffrey A. Hutchings, MSRC**, titulaire de la chaire Killam Memorial et professeur de biologie, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

**Digvir S. Jayas, O.C., MSRC, FACG**, professeur éminent et vice-recteur à la recherche et aux relations internationales, Université du Manitoba (Winnipeg, Man.)

**Malcolm King, MACSS**, directeur scientifique, Saskatchewan Centre for Patient-Oriented Research, Université de la Saskatchewan (Saskatoon, Sask.)

**Chris MacDonald**, professeur agrégé; directeur, Ted Rogers Leadership Centre; président, Département de droit et des affaires; Ted Rogers School of Management, Université Ryerson (Toronto, Ont.)

**Barbara Neis, C.M., MSRC**, professeure distinguée, titulaire de la chaire John Paton Lewis, Université Memorial de Terre-Neuve (St. John, T.-N.-L.)

**Nicole A. Poirier, FACG**, présidente, KoanTeknico Solutions Inc. (Beaconsfield, Qc)

**Jamie Snook**, directeur général, Torngat Wildlife Plants and Fisheries Secretariat (Happy Valley-Goose Bay, T.-N.-L.)

**David A. Wolfe**, professeur de sciences politiques, Université de Toronto à Mississauga; codirecteur, Innovation Policy Lab à la Munk School of Global Affairs and Public Policy, Université de Toronto (Toronto, Ont.)

\* En janvier 2022





Council of  
Canadian  
Academies

Conseil des  
académies  
canadiennes

180, rue Elgin, bureau 1401  
Ottawa (Ontario) K2P 2K3  
Tél: 613 567-5000  
[www.rapports-cac.ca](http://www.rapports-cac.ca)