The background of the slide is a composite image. The top left shows a close-up of evergreen branches with several small, reddish-brown cones. The bottom left shows a young forest with many thin tree trunks and green undergrowth. The right side of the slide is dominated by a large, close-up image of a green, pointed cone tip, possibly a spruce or fir, with a dark green semi-transparent overlay on top of it.

La science du Service canadien des forêts en génomique et en changements climatiques en lien avec le programme 2 milliards d'arbres



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada



La science du Service canadien des forêts en génomique et en changements climatiques en lien avec le programme 2 milliards d'arbres



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de Ressources naturelles Canada, 2022

Imprimé :

N° de cat. : Fo4-176/2022F

ISBN : 978-0-660-42635-8

En ligne :

N° de cat. : Fo4-176/2022F-PDF

ISBN : 978-0-660-42634-1

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts

580, rue Booth

Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Une version électronique de ce rapport est disponible à partir du site des Publications du Service canadien des forêts : <http://scf.rncan.gc.ca/publications>.

This publication is available in English under the title: *The science at the Canadian Forest Service in genomics and climate change in relation to the 2 Billion Trees Program.*

Crédits photographiques :

Verso de la page couverture – Plants forestiers en pot en milieu agricole, Association forestière des deux rives; arbres plantés en milieu urbain, Association forestière des deux rives.

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

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

On demande seulement :

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

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de Ressources naturelles Canada.

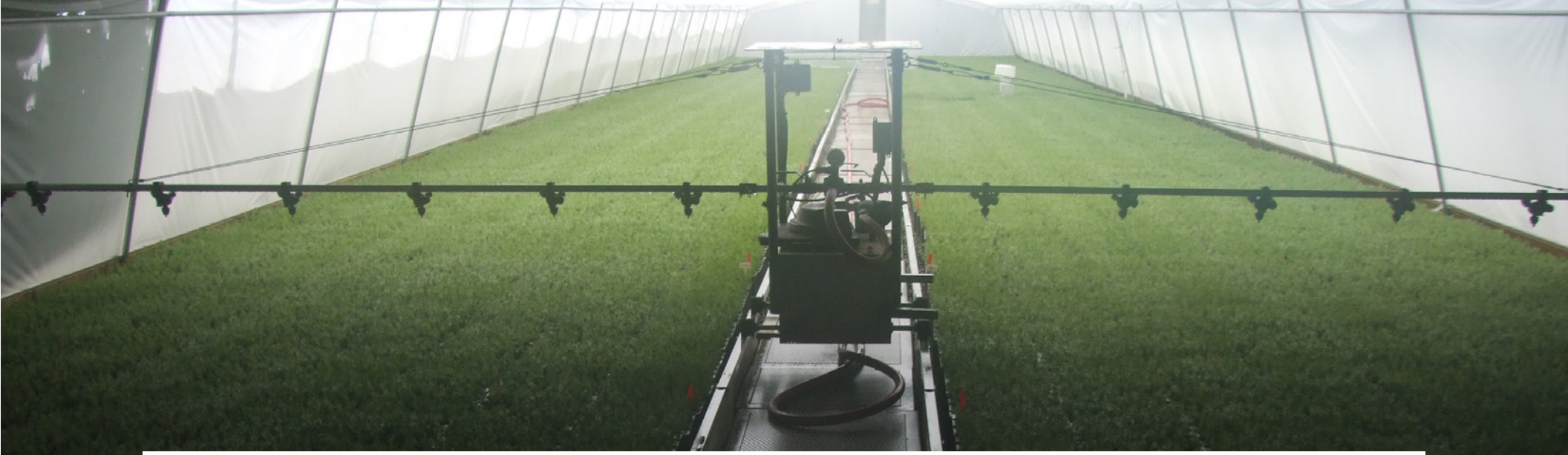
Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à copyright-droitdauteur@nrca-nrcan.gc.ca.



Imprimé au Canada



Imprimé sur du papier recyclé



Mise en contexte

En 2020, le gouvernement fédéral s'est engagé à mettre en place des solutions naturelles pour lutter contre les changements climatiques. Il a ainsi mis sur pied un **programme** dont l'objectif est de planter deux milliards d'arbres sur 10 ans pour aider le Canada à réduire ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030.

Les arbres plantés aideront le Canada à lutter contre les changements climatiques en absorbant du gaz carbonique, l'un des principaux gaz à effet de serre. En plus de séquestrer du carbone par le processus de photosynthèse, les arbres fournissent d'importants services écologiques tels que l'amélioration de la qualité de l'air et de l'eau ainsi que le contrôle de l'érosion des sols. Ils fournissent de la nourriture, des abris et de l'ombre à plusieurs organismes et contribuent à augmenter la biodiversité. Les arbres jouent aussi un rôle spirituel et culturel de premier plan pour plusieurs Canadiens, dont les Autochtones, et ils fournissent des services sociaux et économiques, tels que des emplois verts. La plantation d'essences spécifiques près des collectivités peut aider à diminuer les risques de feux de forêt et d'inondations. La plantation d'arbres crée également des espaces destinés aux activités récréatives qui améliorent le bien-être et la qualité de vie des Canadiens.

Bien que le processus de la **plantation** puisse paraître simple à première vue, il nécessite toutefois du temps et une bonne coopération entre les différents organismes impliqués. De plus, la science y joue un rôle indispensable, surtout dans un contexte de changements climatiques. Le bon arbre doit être planté au bon endroit et un suivi doit être fait. Pour offrir les bienfaits énumérés ci-dessus, plusieurs étapes préalables à la plantation, notamment une planification rigoureuse, sont nécessaires. Qu'il s'agisse de la semence à la pépinière, de la mise en terre ou du suivi des plantations, la réussite du programme repose sur ses nombreux partenaires et collaborateurs existants et futurs.

Le **Service canadien des forêts** (SCF) de Ressources naturelles Canada contribue à la recherche sur les enjeux forestiers nationaux. La présente brochure regroupe les connaissances actuelles qui découlent de la recherche effectuée en génomique et sur les changements climatiques en lien avec le programme 2 milliards d'arbres. Ces connaissances y sont présentées selon une approche intégrée et faisant partie d'un contexte global dans un souci de les rendre accessibles aux organisations et aux parties prenantes concernées par ce vaste plan. De tels travaux de recherche sont réalisés en partenariat avec plusieurs organismes universitaires, gouvernementaux et privés.

Qu'est-ce que la génomique?

Au sein de chaque organisme vivant se retrouve l'ADN. L'ADN est constitué d'un assemblage de quatre sortes de bases azotées (représentées par les lettres A, T, G et C). L'assemblage en série de ces quatre lettres permet de « construire des mots et des phrases » (gènes) pour « rédiger un livre » (génom), regroupant ainsi des milliards de lettres. Le génome, mot constitué des mots **gène** et **chromosome**, rassemble donc l'ensemble de l'information génétique contenue dans chaque cellule d'un organisme vivant. Il peut ainsi être comparé à un manuel d'instructions permettant aux cellules d'accomplir leurs différentes fonctions.

La génomique constitue l'étude du matériel génétique d'organismes vivants (végétal, animal, humain ou micro-organisme), et ce, autant du point de vue de sa structure que de ses fonctions. Depuis une vingtaine d'années, avec l'avancement des techniques de séquençage qui permettent de décoder l'ADN, cette science a connu un essor remarquable. Ses applications permettent de faire avancer les connaissances dans différents secteurs tels que la santé humaine, l'agroalimentaire, les pêches et l'aquaculture, les mines, l'énergie, l'environnement et... la foresterie dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques!



Un outil précieux pour lutter contre les effets des changements climatiques

Comme c'est le cas pour l'ensemble de la planète, les forêts canadiennes doivent faire face aux changements climatiques. Étant donné l'emplacement nordique du Canada et son importante superficie forestière, les scientifiques s'attendent à ce que les bouleversements du climat au pays soient plus marqués que la moyenne mondiale. Le rythme des changements climatiques prévus devrait être de 10 à 100 fois plus rapide que la capacité d'adaptation naturelle des forêts. Ces changements auront une incidence sur la distribution des espèces végétales, sur la composition des écosystèmes et, par conséquent, sur la santé et la productivité des forêts naturelles et aménagées. Ils auront également des répercussions sur les arbres en milieux urbains et périurbains.

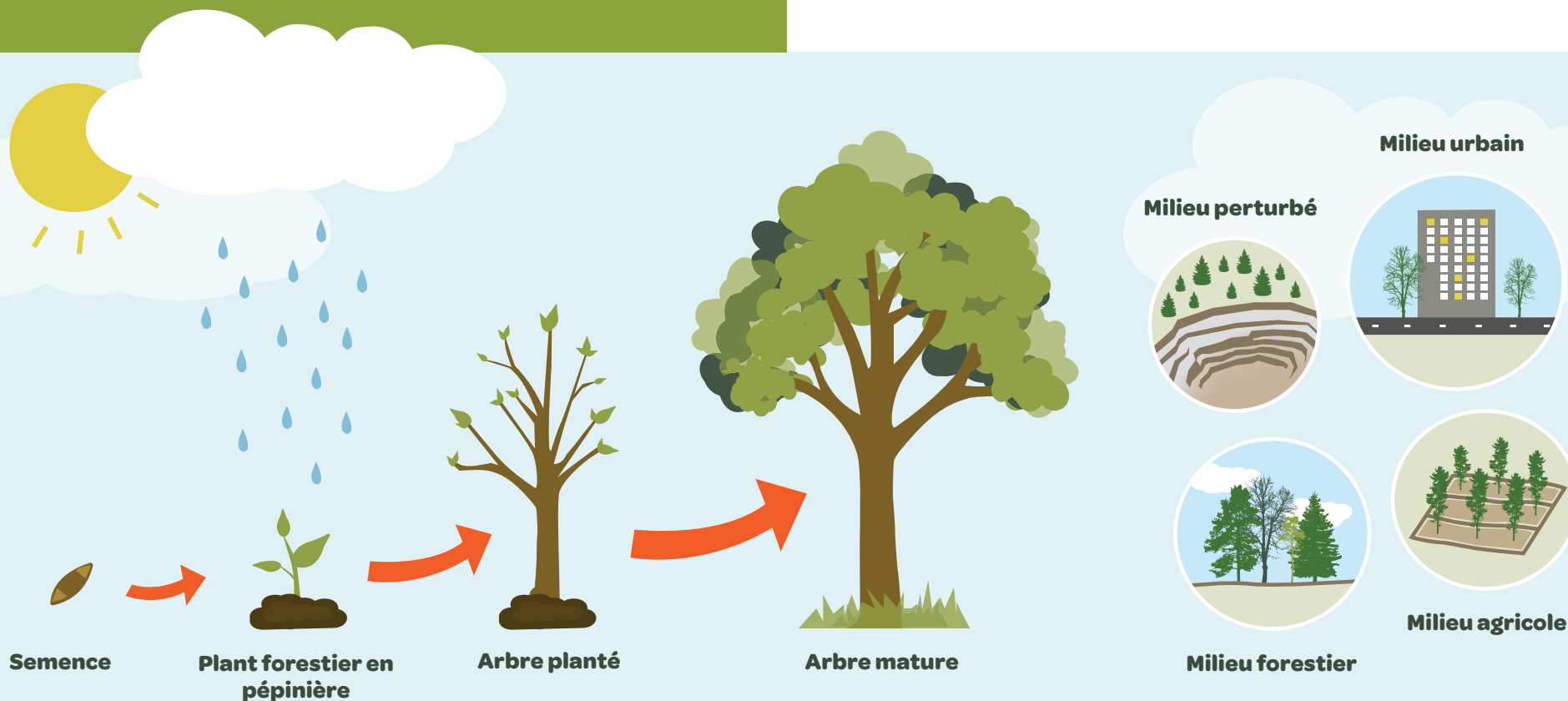
Dans ces circonstances, la **génomique**, utilisée en complémentarité avec d'autres approches, peut nous aider à nous préparer aux défis engendrés par les changements climatiques, notamment pour mieux mesurer l'impact sur la productivité et la santé des forêts, de même que pour accroître la résilience.



Les modèles actuels considèrent que tous les arbres répondent de la même manière aux aléas du climat, ce qui est loin d'être la réalité. En intégrant la variabilité génomique des arbres à ces modèles, les scientifiques pourront, entre autres, caractériser les populations d'arbres selon leur réponse à un type de changement, par exemple au gel, à la sécheresse ou à la hausse de concentration du gaz carbonique. Il sera ainsi plus facile de sélectionner les semis appropriés pour le reboisement ou de prioriser certaines actions pour nous assurer que certaines essences s'adapteront bien aux conditions climatiques attendues dans 10, 20 ou 30 ans et plus dans une région donnée. C'est dans cette optique que des chercheurs ont identifié des gènes étroitement associés à la résistance à la sécheresse chez l'épinette blanche. Ces résultats restent à être validés avec des données provenant d'autres sites expérimentaux d'étude de l'épinette blanche.

Que ce soit pour valider la provenance des semences, pour contribuer aux efforts de conservation d'essences menacées ou en déclin ou pour détecter des agents pathogènes forestiers en pépinière, la génomique peut jouer un rôle important dans la lutte aux effets des changements climatiques aux différentes étapes du cycle de la vie de l'arbre ou dans le milieu où il se trouve.

Des équipes de recherche du SCF sont à l'avant-garde de la recherche en génomique et sur les changements climatiques. Voici un aperçu de certains de leurs travaux qui soutiennent le programme 2 milliards d'arbres et qui sont liés directement à des notions de base de projet de plantation.





Une approche intégrée pour l'adaptation aux changements climatiques

Les changements climatiques engendrent des problématiques complexes dans des écosystèmes qui, à la base, sont eux aussi complexes. De plus en plus, l'intégration des données et des connaissances de différentes disciplines est essentielle pour trouver des solutions et atteindre les résultats voulus. La pédologie, l'entomologie, la pathologie, l'écologie forestière ainsi que la recherche sur les changements climatiques et la génomique sont autant de disciplines à examiner lors de la planification d'un projet de plantation d'arbres.

Le bon arbre au bon endroit pour le bon usage

Un arbre aux multiples fonctions

La croissance d'un arbre s'échelonne sur plusieurs décennies. Il est donc important de planifier et de tenir compte de plusieurs aspects au préalable tout en s'assurant de planter le bon arbre au bon endroit. Ainsi, des questions relatives à la plantation d'arbres comme où, comment, lesquels et pourquoi doivent être posées. Bien qu'ils puissent paraître simplistes, ces questionnements relèvent d'une importance capitale, car l'arbre planté vivra pendant plusieurs années! La diversification des essences est un autre aspect essentiel; un espace vert avec plusieurs essences est moins vulnérable aux ravageurs forestiers. Pensons aux dégâts causés par l'agrile du frêne, ce ravageur exotique qui décime les frênes en Amérique du Nord.

Les objectifs d'un projet de plantation doivent être clairement établis pour que ce dernier réponde aux besoins de l'organisme qui le réalise, ainsi qu'aux besoins de la communauté qui pourra fréquenter le site retenu, dans certains cas, ou qui profitera des bénéfices de la plantation.

Le rôle des arbres à planter, qui peut consister en la création d'un espace vert, la réduction des îlots de chaleur, la diminution de l'érosion du sol, la réhabilitation ou l'amélioration de la biodiversité pour n'en nommer que quelques-uns, doit être bien défini, car il peut influencer le choix des essences.

Par exemple, en milieu urbain, le port de l'arbre, sa taille à maturité ou sa résistance au sel de déglacage sont des éléments à considérer. Lorsqu'il s'agit plutôt de restaurer un site ayant servi à d'autres usages (p. ex., une ancienne mine), il est peut-être préférable de choisir des arbres à croissance lente afin de permettre au sol de s'enrichir progressivement en éléments nutritifs. En milieu agricole, la combinaison de certaines essences peut influencer le déplacement du vent et ainsi protéger le sol arable. Les conditions abiotiques (sol, drainage, température, précipitation) ainsi que biotiques (insectes et maladies) sont aussi des facteurs à prendre en compte.

Chaque essence d'arbre a des besoins particuliers en termes de luminosité et de précipitation. Dans le processus du choix des essences, les caractéristiques du site doivent donc être considérées. Ainsi, pour bien planifier les étapes préalables à la plantation et pour assurer le succès des plantations, les conditions de drainage, le type de sol ou de dépôt (sa texture) et certaines variables comme la position sur la pente doivent faire l'objet d'analyse. Par exemple, un sol compacté nécessitera probablement un ameublissement, tandis que certains types de sols offriront des conditions plus difficiles pour la survie et la croissance d'essences spécifiques.

Une application pratique

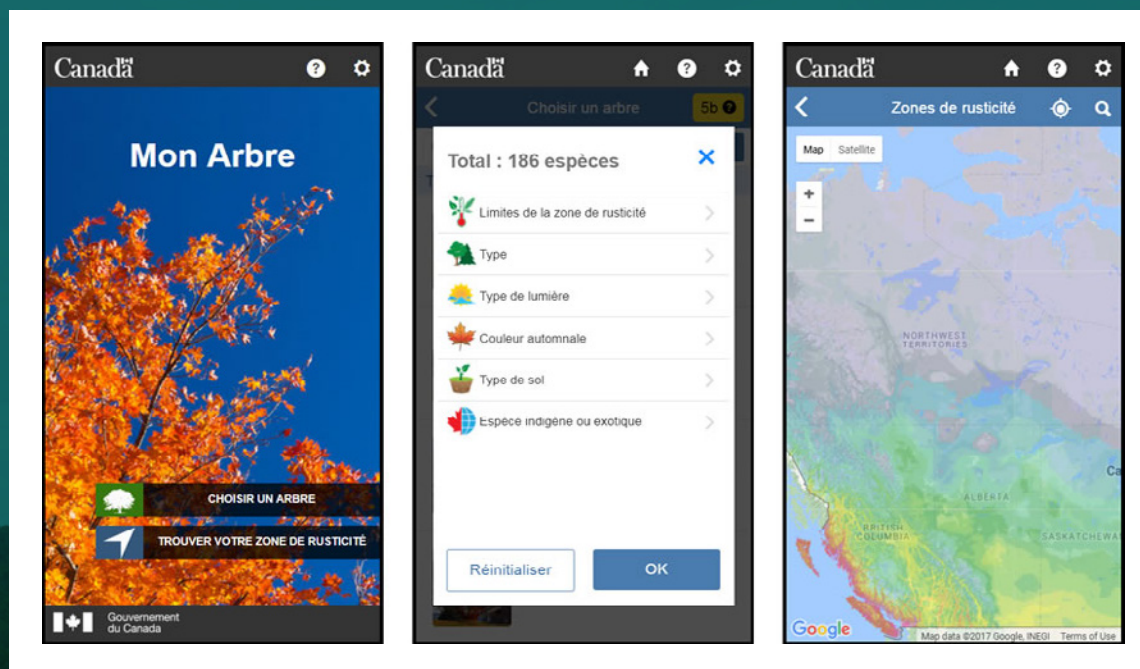
Pour aider à faire un bon choix d'arbres, l'application mobile gratuite **Mon arbre**, développée par Ressources naturelles Canada, permet de découvrir quels arbres sont les mieux adaptés pour une région donnée. L'application comprend plus de 180 espèces d'arbres indigènes et introduites. L'utilisateur peut personnaliser ses recherches selon le type d'arbre (résineux ou feuillus), l'humidité du sol, les exigences relatives à la lumière et le choix d'espèces indigènes ou introduites.

Cette application repose sur la [carte des zones de rusticité des plantes au Canada](#) développée par le gouvernement du Canada, qui décrit dix zones climatiques en fonction de facteurs tels que les températures

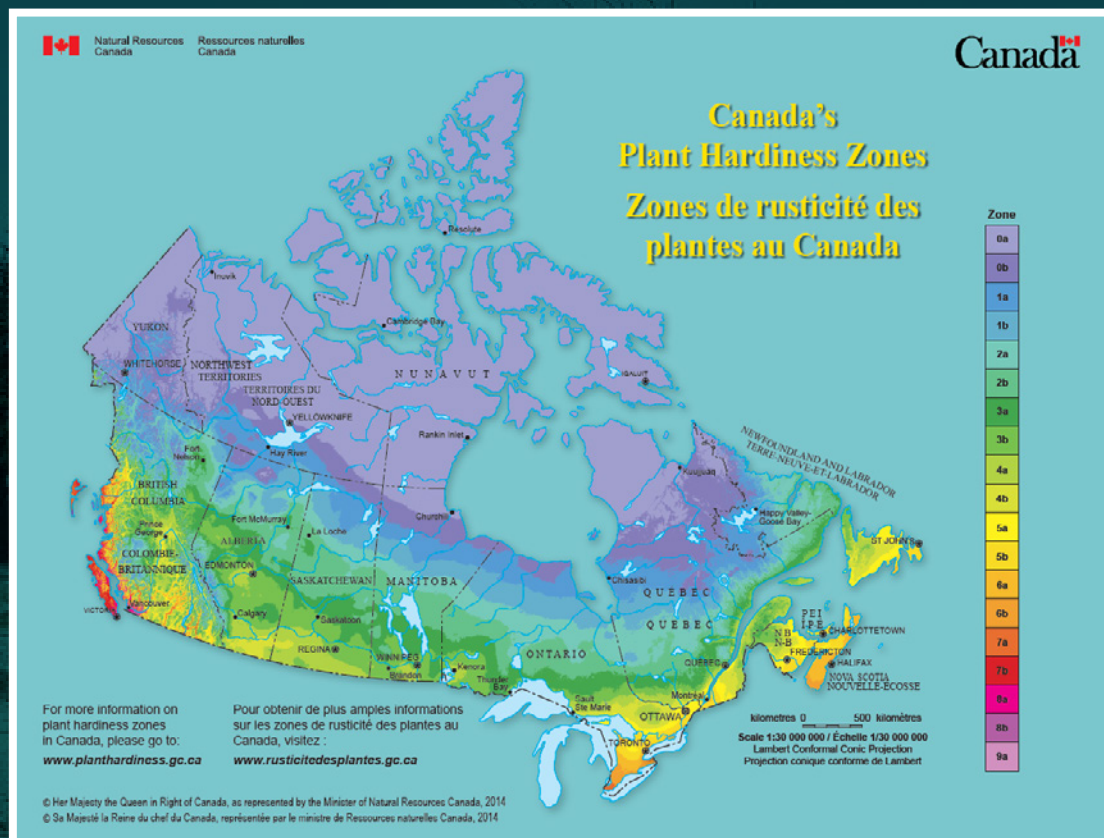
maximales et minimales, la durée de la période exempte de gel et les précipitations. Une zone de rusticité est une région géographique où les conditions climatiques sont favorables à la croissance de divers types de plantes.

Mon arbre donne aussi de l'information sur les principales caractéristiques des arbres, dont la taille, les besoins de luminosité, le type de sol, la coloration automnale et la nature indigène ou introduite de l'espèce. Les renseignements fournis pour chaque espèce proviennent principalement de la publication du SCF, *Les arbres du Canada*.

Vous pouvez télécharger l'application mobile **Mon arbre** à partir de votre appareil iOS ou Android.



Depuis l'établissement des cartes des zones de rusticité en 1960 par Agriculture et Agroalimentaire Canada, différentes mises à jour ont été produites par le SCF. Les chercheurs ont remarqué que les zones de rusticité changent avec les changements climatiques, et ce, plus fortement dans certaines régions du Canada. Des comparaisons entre les cartes originales et les plus récentes montrent, par exemple, que certaines régions du nord de la Colombie-Britannique se sont réchauffées au point d'être décalées de trois zones de rusticité. Ainsi, des portions de l'île de Vancouver sont maintenant classées 9a, une zone qui n'existait pas auparavant au Canada. Quoique les changements dans l'est du pays soient moins frappants, ils sont tout de même notables et liés au réchauffement climatique. Les mises à jour récentes des zones de rusticité peuvent aider à prendre en considération l'évolution du climat. Elles pourraient vous amener à envisager des essences ou des variétés que vous n'auriez pas considérées auparavant.



En complément à l'information générale tirée des zones de rusticité des plantes au Canada, des cartes plus raffinées sur la capacité éventuelle de chaque espèce de pousser à un endroit précis sont disponibles. Le site sur la rusticité des plantes fournit actuellement des modèles et des cartes spécifiques applicables à plus de 3 000 espèces végétales. Son objectif est d'élaborer la répartition potentielle pour diverses espèces d'arbres en fonction de différents scénarios de changements climatiques pour différentes périodes.

Plantation d'arbres en zones à risques

Dans un contexte où le nombre et l'étendue des feux de forêt s'accroissent dans de nombreuses régions, les dangers potentiels à cet égard doivent faire l'objet d'évaluation par les collectivités et les propriétaires domiciliaires concernés. Ceux-ci sont donc invités à suivre les recommandations du site Web « [Intelli-feu](#) ». Par exemple, le site suggère de sélectionner, lors de la conception de l'aménagement paysager, des plantes résistantes au feu et des feuillus aux alentours des habitations. En effet, les feux de forêt de Fort McMurray en Alberta en 2016 ou de Lytton en Colombie Britannique en 2021 ont fait prendre conscience qu'en forêt boréale, il faudrait peut-être favoriser la plantation de feuillus autour des villes et villages plutôt que des conifères, lesquels ont un potentiel de combustion beaucoup plus élevé.

Dans les zones susceptibles d'être inondées, il vaut mieux favoriser la plantation d'essences adaptées aux berges des cours d'eau, par exemple les saules. Le bon choix d'essence peut même limiter les dégâts causés par la force des vagues dans certains cas.

Restauration de sites perturbés

Les activités humaines, combinées aux changements climatiques, peuvent affecter la qualité et la productivité des sols. Une des solutions envisagées par les scientifiques pour rétablir les terres perturbées par l'exploitation de ressources naturelles passe par les micro-organismes (microbiome) présents dans le sol. Ceux-ci jouent un rôle essentiel dans le cycle de l'azote et du carbone, aident les plantes à mieux assimiler certains nutriments et participent à la dégradation de composés complexes, dont les hydrocarbures et d'autres polluants. Cette dernière fonction s'appelle la phytoremédiation.

En utilisant la génomique, des équipes de recherche du SCF comparent le microbiome de sols non perturbés à celui provenant d'environnements perturbés par diverses activités humaines. En étudiant l'identité des micro-organismes présents et leurs rôles en fonction des caractéristiques des sols, il est possible d'identifier des indicateurs biologiques de stress environnementaux. Ces indicateurs servent ensuite à mieux prévoir l'incidence de différentes perturbations et à effectuer un suivi lors de la réhabilitation des sites perturbés. De telles études permettent aussi de déterminer les meilleures combinaisons plantes/micro-organismes pour restaurer les sites perturbés. Ces données contribueront au succès de restauration de sites comme des chemins forestiers et des sites d'extraction minière.

D'autres équipes de recherche du SCF travaillent sur un outil de planification interactif de restauration des fonctions multiples des écosystèmes. Cet outil aidera à sélectionner les mélanges d'espèces végétales ainsi qu'à spécifier leurs quantités en fonction d'objectifs de restauration spécifiques.



Une trousse d'outils (en anglais) présentant différentes approches pour la restauration de sites perturbés a été développée par Canada's Oil Sands Innovation Alliance (COSIA) en collaboration avec Ressources naturelles Canada.



Des semences diversifiées : un bon départ

La diversité génétique est l'ensemble des variations génétiques présentes chez une population ou une espèce donnée. Cette diversité est essentielle sur le plan de l'évolution et de l'adaptation. Dans certains projets de plantation, visant notamment à solutionner un problème de santé ou d'adaptation des forêts, il est nécessaire de tenir compte de la diversité génétique au moment de choisir les arbres à planter.

Au Canada, le [Centre national de semences forestières](#) (CNSF) du SCF est la seule banque nationale de semences destinée à préserver la diversité génétique des forêts canadiennes. Il est en quelque sorte la bibliothèque des ressources génétiques forestières du Canada.

Les semences disponibles aujourd'hui pour la recherche en génomique et sur les changements climatiques regroupent près de 133 essences d'arbres et d'arbustes, réparties en plus de 10 900 collections. Parmi elles, des collections de référence ont permis d'établir d'importants tests de provenance à l'échelle du SCF. La banque nationale de semences du CNSF abrite également 68 autres essences, lesquelles sont réparties en plus de 6 300 collections conservées à long terme spécifiquement pour les programmes de rétablissement des espèces en péril. Pour la plupart uniques, les collections sont généralement géoréférencées afin de fournir des informations climatiques aux chercheurs en génomique ou pour déterminer l'aptitude des semences à être transférées vers les sites en prévision de changement des conditions climatiques.



Programmes de conservation génétique

Le Centre national des semences forestières (CNSF) propose des programmes de conservation génétique pour des essences particulières visant à pallier d'éventuelles menaces. Au besoin, les banques de semences pourront fournir du matériel pour des études futures ou pour des programmes de restauration. À titre d'exemple, le CNSF est le principal dépositaire canadien de semences de frêne (en prévision de la menace de l'agrile du frêne), de semences de pruche (en prévision de la menace du puceron lanigère de la pruche), ainsi que de semences de noyers cendrés et de pins à cinq aiguilles (p. ex., le pin à blanche écorce et le pin flexible), lesquelles font l'objet de cryoconservation à long terme.

Le Centre dirige une enquête nationale sur l'approvisionnement en semences écologiquement approprié pour soutenir les solutions naturelles à grande échelle. L'enquête a été conçue pour évaluer la disponibilité des semences indigènes, les acteurs impliqués dans la chaîne d'approvisionnement en semences au Canada, ainsi que la capacité et les besoins organisationnels à court terme dans tout le pays.

Le CNSF offre des connaissances et des formations adaptées aux besoins des partenaires du programme 2 milliards d'arbres, qu'ils soient petits ou grands! Ceci permet notamment aux communautés autochtones et aux petites entreprises ayant des besoins spécifiques en matière de restauration forestière de réduire leurs coûts et de surmonter les obstacles technologiques. De plus, le CNSF peut agir à titre d'accompagnateur auprès de centres de semences provinciaux qui s'engagent dans la collecte de semences et la plantation d'essences non traditionnelles – mais qui peuvent s'avérer être adéquates pour un site donné – et ce, en se basant sur les meilleures connaissances disponibles à ce jour.





Suivi phytosanitaire : de la pépinière au site

Des chercheurs du SCF travaillent au développement d'outils moléculaires et de séquençage pouvant aider à détecter et à identifier de façon précoce des agents pathogènes forestiers. Certains de ces agents pathogènes peuvent causer d'énormes pertes dans les pépinières; c'est le cas des pourritures racinaires. Ces pertes physiques de semis entraînent évidemment de lourdes conséquences financières. Il devient alors très important de détecter la présence de ces agents pathogènes très tôt dans la chaîne de production des semis, soit bien avant que les signes physiques de la maladie ne gagnent du terrain et que les semis ne soient distribués sur les sites de plantation. Pour ce faire, l'épidémiologie, la pédologie, la pathologie forestière, la génomique et une variété d'autres expertises sont mises à profit.

Exemple de l'utilisation d'une approche intégrée pour la plantation du pin blanc

Dans un projet de plantation où l'essence principale à reboiser est le pin blanc, une espèce bien documentée, l'approche intégrée est particulièrement indiquée. Cela dit, il faut d'abord bien définir l'objectif de la plantation et le besoin auquel répondre. Pour assurer le succès du projet de plantation, il faut prendre connaissance des pathologies associées à cette essence, dont la rouille vésiculeuse du pin blanc, un champignon qui s'attaque à plusieurs espèces de pins. La vérification de la provenance des semences, dans un souci de limiter le risque de contamination des semis, constitue également une étape essentielle. Une discussion avec son pépiniériste ou le fournisseur de plants est incontournable pour s'assurer que les plants choisis sont bien adaptés au besoin identifié et aux conditions du site. Des tests de provenance peuvent aiguiller les professionnels sur cet aspect. Ensuite, une bonne

connaissance du site de plantation et particulièrement des conditions topographiques et de sol, y compris le régime hydrique, aidera à déterminer si le pin blanc est bel et bien la bonne essence à planter. Et ce n'est pas terminé! La rouille vésiculeuse du pin blanc a un cycle de vie complexe. Elle a besoin d'un hôte intermédiaire, telles les feuilles de groseilliers (*Ribes* spp.), pour se développer. D'importants efforts doivent donc être consentis pour éliminer un des hôtes de la maladie, et ce, en procédant à un traitement sylvicole adapté avant la plantation. Malgré ces précautions, une fois l'arbre planté, le suivi de plantation est primordial, autant en ce qui concerne les agents pathogènes que les insectes, dont le charançon du pin blanc. Cet exemple parmi tant d'autres illustre l'approche intégrée d'un projet de plantation. Ainsi, les connaissances puisées des différentes disciplines de pédologie, de pathologie, d'entomologie, d'écologie, de sylviculture et de génomique forestière doivent être considérées à différents cycles de vie de l'arbre.



La diversité génétique au profit de l'adaptation aux changements climatiques

Dans le cadre d'un projet de plantation, savoir sélectionner les bonnes essences et les bonnes graines est primordial pour assurer la survie des arbres, et ce, pour un endroit et un climat précis. En général, les essences indigènes ont plus de chances de survivre et de bien se développer, et offrent le plus grand avantage écologique.

Par le passé, les pépiniéristes utilisaient généralement des semences d'arbres locaux pour produire des semis, car ils pensaient que les populations locales étaient les mieux adaptées aux conditions climatiques du site. Or, ce

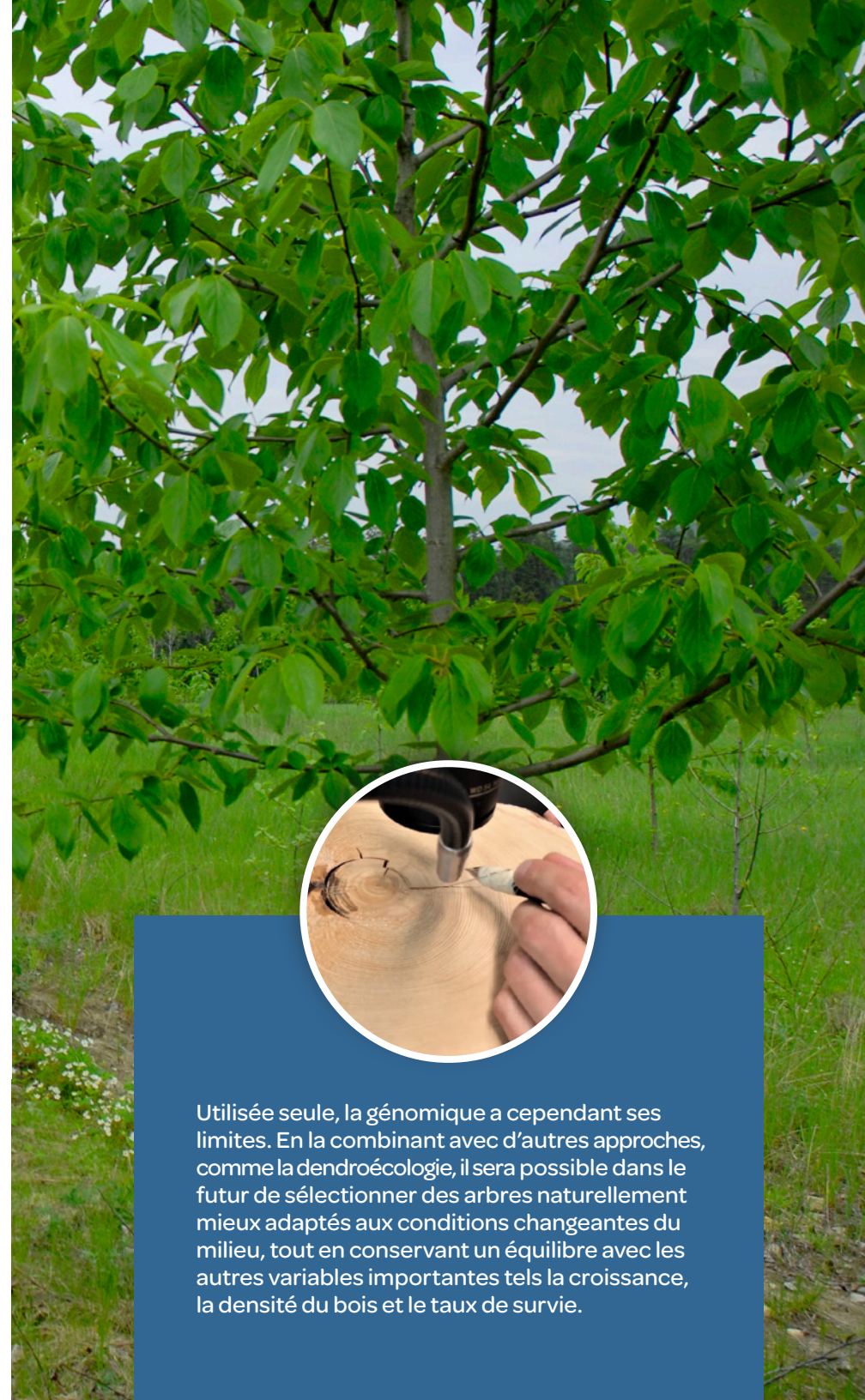
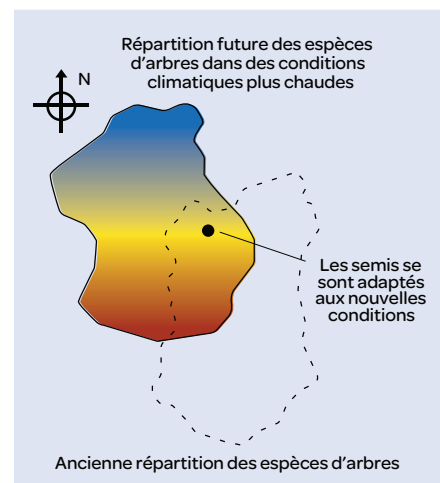
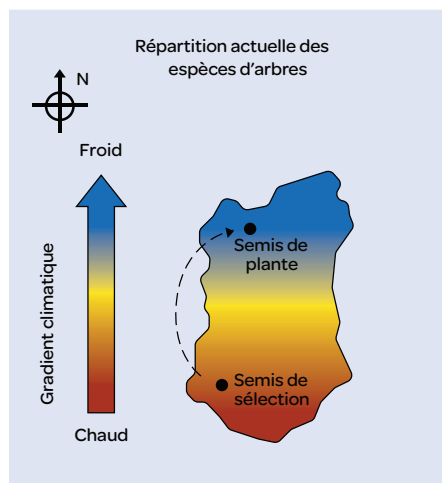
n'est plus tout à fait exact étant donné les conditions et le climat changeants. En raison de la rapidité des changements observés, les populations locales peuvent ne pas être en mesure de s'adapter assez rapidement; malgré la capacité des arbres adultes bien établis à résister généralement à un stress accru, les semis sont quant à eux très vulnérables. L'identification de l'origine géographique du matériel génétique, aussi appelée la provenance, s'avère une information cruciale dont il faudra davantage tenir compte.

Même si la science se penche toujours sur cette question, des outils sont présentement disponibles pour aider à faire de bons choix. Parmi ceux-ci se trouve [Seedwhere](#) (en anglais seulement). L'outil permet de cartographier les similitudes climatiques entre deux régions géographiques, par exemple, celles entre une zone de récolte de semences et un site de plantation. Plusieurs options d'analyses sont disponibles et toutes peuvent inclure des scénarios de changements climatiques, ce qui permet de comparer le climat actuel aux climats futurs projetés. Bien qu'il soit possible de l'utiliser à diverses fins, l'outil a été conçu initialement pour soutenir les décisions sur le déplacement-transfert de semences dans le cadre d'activités de régénération forestière visant à favoriser la gestion durable des forêts.

En effet, les arbres individuels d'une même essence peuvent présenter des différences sur le plan génétique, lesquelles sont essentielles à étudier dans un contexte d'adaptation. Par exemple, les populations d'une essence qui poussent à différentes altitudes peuvent être aussi variables sur le plan génétique que les populations qui poussent à des centaines de kilomètres l'une de l'autre. De la même manière, certaines populations d'arbres de la même essence provenant d'endroits chauds peuvent croître plus longtemps et plus rapidement que les populations d'arbres provenant d'endroits plus froids,

bien qu'elles peuvent présenter une moins grande résistance au froid. D'une région à l'autre, une même essence peut s'être adaptée à des conditions de température et d'humidité du sol différentes.

En déterminant les semences et les semis de la partie sud de l'aire de répartition qui prospéreraient dans les conditions changeantes de la partie nord, il devient possible de sélectionner stratégiquement les arbres plus résistants et les mieux adaptés aux nouvelles conditions environnementales.



Utilisée seule, la génomique a cependant ses limites. En la combinant avec d'autres approches, comme la dendroécologie, il sera possible dans le futur de sélectionner des arbres naturellement mieux adaptés aux conditions changeantes du milieu, tout en conservant un équilibre avec les autres variables importantes tels la croissance, la densité du bois et le taux de survie.



La bonne essence adaptée aux stressseurs climatiques

Sous l'effet des changements climatiques, les arbres des forêts canadiennes connaîtront des modifications importantes de leurs conditions de croissance et de leur productivité. Ils seront confrontés à des perturbations causées par le feu ou la sécheresse plus fréquentes, plus longues et plus sévères. Toutes les essences ne réagiront pas de la même façon face à ces changements environnementaux qui continueront d'évoluer.

L'évaluation de la vulnérabilité des essences aux changements climatiques nécessite des informations sur trois composantes : l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

Exposition :

l'ampleur du changement environnemental, comme le régime de température et de précipitations auquel un arbre sera soumis.

Sensibilité :

le degré auquel une espèce est susceptible d'être affectée ou de réagir à un changement environnemental.

Capacité d'adaptation :

la capacité des espèces à s'adapter ou à faire face aux changements environnementaux.



En matière de plantation d'arbres, des outils d'évaluation de la vulnérabilité des arbres aux changements climatiques pourront aider à faire de bons choix. Ils permettront, entre autres, de sélectionner les essences présentant une plus grande tolérance à la sécheresse et une meilleure capacité de reproduction à la suite d'un épisode de sécheresse. La notion d'exposition implique entre autres le concept des zones de rusticité des plantes. En ce qui concerne les notions de sensibilité et de capacité d'adaptation, d'autres outils sont en voie de développement et seront offerts en ligne sous peu.





Les recherches en cours et futures

Pour en savoir davantage sur la génomique, la brochure sur la [génomique forestière](#) du Service canadien des forêts présente différentes disciplines où cette science peut être utilisée. Elle décrit également des projets de recherche d'envergure nationale menés en collaboration avec plusieurs institutions.

Les travaux de recherche abordés dans la présente brochure se poursuivront, et d'autres, spécifiquement en lien avec le programme 2 milliards d'arbres, s'amorceront grâce aux partenariats avec plusieurs organisations universitaires, gouvernementales et privées.

Les progrès relatifs à la génomique des arbres permettent maintenant non seulement de renforcer les populations d'arbres existantes, mais aussi de préparer les arbres du Canada à de nouveaux environnements. Les recherches du SCF en génomique et sur les changements climatiques visent entre autres à combler les besoins de connaissances en lien avec le programme 2 milliards d'arbres. Elles permettront de supporter le programme de plantation d'arbres afin de maximiser les retombées et les avantages en termes de réduction d'émission de gaz à effet de serre, ainsi que les autres bénéfices souhaités tels que l'augmentation de la biodiversité et le bien-être des Canadiens et des Canadiennes.