

Conservation de la diversité génétique

Faits saillants

- Acquisition ciblée et en continu de connaissances sur la diversité génétique des essences forestières, au cours de la période 2013-2018, afin d'orienter les efforts de conservation et d'amélioration;
- Établissement de plantations dont la diversité génétique est comparable à celle observée dans les peuplements issus de la régénération naturelle, grâce à l'utilisation de semences provenant d'un grand nombre d'arbres semenciers non apparentés.

Objectif d'aménagement durable des forêts (ADF)

- Conserver la diversité génétique des espèces arborescentes forestières présentes dans les forêts et les plantations du Québec

Indicateur

- État des connaissances et des efforts en matière de conservation de la diversité génétique des espèces forestières arborescentes du Québec

Mise en contexte

Enjeux internationaux et légaux

Le thème de la diversité génétique apparaît pour une première fois dans le bilan de l'aménagement durable des forêts. Puisqu'il s'agit d'une composante de la biodiversité qui joue un rôle primordial dans l'adaptation des espèces selon un contexte de changements climatiques, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (ci-après le Ministère) poursuit le développement des connaissances sur le sujet, notamment en ce qui concerne les moyens de maintenir la diversité génétique des espèces arborescentes du Québec. Ce maintien constitue donc un élément clé des diverses lois et stratégies du gouvernement du Québec.

Le Québec s'est déclaré lié à la Convention sur la diversité biologique (CDB) en 1992 et, de 1996 à 2010, il a mis en place deux stratégies assorties de plans d'action, afin de guider sa démarche quant à la protection et à l'utilisation durable de la biodiversité. En 2010, les objectifs d'Aichi étaient présentés dans le Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020 de la CDB. En réponse à ce nouveau plan stratégique international et aux objectifs d'Aichi, le Québec a publié en 2013 les Orientations gouvernementales en matière de diversité biologique. Ces orientations portent sur la protection, la restauration, l'aménagement et la mise en valeur durable de la diversité biologique; elles incluent donc la conservation de la diversité génétique des espèces arborescentes.

Définition et importance de la diversité génétique dans un contexte de changements climatiques

La diversité génétique correspond à la variabilité de l'ADN. Elle peut se mesurer à l'échelle de l'individu, d'une population, d'une espèce ou même d'une communauté d'espèces. Pour une espèce, la diversité génétique est le résultat de l'adaptation à un ensemble de conditions de croissance, tant locales, telles que les sols et les microclimats, que globales, comme la photopériode et le climat. La diversité génétique représente donc l'ensemble du matériel génétique responsable des caractères qui rendent possible la persistance et la reproduction des espèces dans leur environnement. Pour les chercheurs responsables de l'amélioration génétique, la diversité génétique est le matériel de base qui est exploité pour sélectionner les individus les plus performants.

La diversité génétique d'une espèce est le résultat de son histoire évolutive. Au Québec, la dernière glaciation constitue le dernier grand événement ayant influencé l'ensemble des espèces que l'on retrouve aujourd'hui sur le territoire. À l'époque du maximum glaciaire, il y a environ 21 000 ans, un immense glacier recouvrait l'ensemble du Canada. À la suite du retrait progressif des glaces, il y a environ 10 000 ans, les arbres ont graduellement recolonisé le sud du Québec à partir d'un ou de plusieurs refuges glaciaires, c'est-à-dire les régions où les espèces se sont retirées pendant la période glaciaire. En Amérique du Nord, les études ont montré que les refuges des essences forestières se trouvaient aux États-Unis, mais aussi dans des régions non glacées telles que les côtes ou le Yukon (Jaramillo-Correa *et al.*, 2009). Grâce à l'utilisation de marqueurs génétiques, l'histoire glaciaire de différentes espèces a pu être reconstituée. En effet, la glaciation, et plus particulièrement l'isolement des espèces dans différents refuges glaciaires, a laissé une signature génétique qui est toujours perceptible.

La figure 1 présente l'exemple du pin gris et du pin tordu. Les cercles noirs correspondent aux différents refuges glaciaires proposés pour le pin tordu. Les cercles blancs représentent les refuges glaciaires proposés pour le pin gris. Les aires hachurées représentent des zones de contact secondaire : à l'échelle intraspécifique (1 et 3) et interspécifique (2) (Godbout et Bousquet, 2014). La diversité génétique retrouvée au sein des populations forestières contemporaines du Québec est donc le résultat de l'adaptation aux conditions environnementales changeantes, par la sélection naturelle, mais aussi des incidences démographiques que ces populations ont subies durant la recolonisation du territoire.

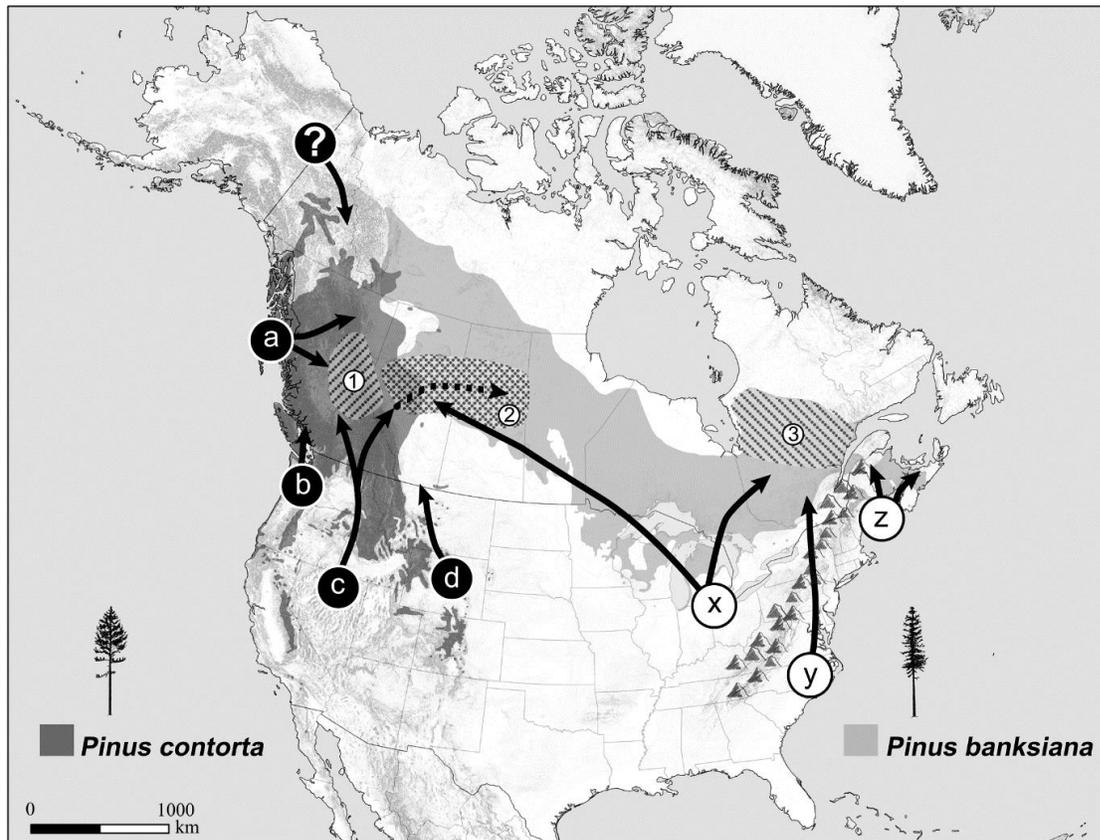


Figure 1 : Routes de recolonisation postglaciaire pour deux espèces de pins de la forêt boréale : le pin tordu (*Pinus contorta*) et le pin gris (*Pinus banksiana*) - tiré de Godbout et Bousquet (2014)

Aujourd'hui, les changements climatiques représentent une menace pour certaines espèces végétales établies. En effet, la vitesse des changements climatiques pourrait dépasser la capacité de ces espèces à s'adapter à leur nouvel environnement local ou leur capacité à migrer vers des régions plus propices à leur maintien. Les espèces peu fréquentes, dont l'aire de distribution est fractionnée, qui ont une faible fécondité ou qui sont affectées par des maladies ou des pathogènes sont particulièrement à risque (Aitken *et al.*, 2008). Dans ce contexte, la diversité génétique d'une population ou d'une espèce constitue le réservoir dans lequel elle peut puiser pour s'adapter aux nouvelles conditions de son environnement. Ainsi, il apparaît primordial d'assurer la conservation de cette diversité. De la même manière, la diversité génétique constitue la source de la variation dans laquelle les chercheurs responsables de l'amélioration génétique vont puiser et qu'ils utiliseront dans les programmes d'amélioration et d'adaptation.

Exploiter le potentiel de diversité génétique dans les plantations de forêts du Québec

Le tableau 1 présente les espèces arborescentes indigènes, exotiques ou hybrides plantées au Québec. Plusieurs espèces indigènes au Québec font l'objet d'amélioration génétique à divers degrés. Les programmes d'amélioration génétique du Québec ont rendu possible la sélection et le croisement des meilleurs individus provenant non seulement des forêts naturelles au Québec, mais également hors du Québec, afin d'établir des vergers à graines et d'obtenir une 1^{re} génération de descendants. Une 2^e génération a également été créée pour les essences les plus utilisées en reboisement, en croisant les individus les plus prometteurs des vergers à graines de 1^{re} génération ou en travaillant avec une 2^e population d'amélioration, afin d'obtenir des individus encore plus performants. Les plants améliorés génétiquement sont des plants produits à partir de semences récoltées dans les vergers à graines de 1^{re} ou de 2^e génération, vergers qui sont composés d'arbres de grande qualité génétique.

L'objectif des programmes d'amélioration génétique consiste à exploiter le potentiel de la diversité génétique d'une espèce sans la diminuer de façon significative. Tous les efforts sont mis en œuvre pour maintenir une bonne diversité génétique dans les plantations par rapport aux forêts naturelles. Il est reconnu qu'un nombre aussi limité que 50 arbres peut maintenir la diversité génétique des espèces forestières à long terme (Namkoong *et al.* 1988). Or, pour les principales espèces de reboisement au Québec, les chercheurs ont choisi de retenir un nombre plus élevé d'individus aussi bien dans leurs populations d'amélioration que dans celles de production, et ce, dès les débuts des programmes d'amélioration génétique dans les années 1960 à 1970. Par exemple, les populations d'amélioration d'épinette blanche de 1^{re} génération sont constituées de 240 individus, tandis que les vergers à graines de 2^e génération en contiennent 125.

Tableau 1 : *Espèces arborescentes indigènes, exotiques ou hybrides plantées au Québec*

	Espèces résineuses	Espèces feuillues
Espèces indigènes	épinette blanche* épinette noire* épinette rouge mélèze laricin* pin blanc* pin gris* pin rouge sapin baumier thuya occidental*	bouleau jaune caryer cordiforme cerisier tardif chêne à gros fruits chêne rouge* érable à sucre érable rouge noyer noir
Espèces exotiques ou hybrides	épinette de Norvège* mélèzes hybrides*	peupliers hybrides*

* espèces faisant l'objet d'améliorations génétiques

La figure 2 présente l'évolution du pourcentage de plantsensemencés par niveau d'amélioration génétique depuis 2001. De 2013 à 2017, 88 % des semences utilisées pour la production des plants nécessaires au reboisement des forêts publiques et privées du Québec provenaient de vergers à graines de 1^{re} (54 % - niveau d'amélioration génétique intermédiaire) ou de 2^e génération (34 % - niveau d'amélioration génétique élevé).

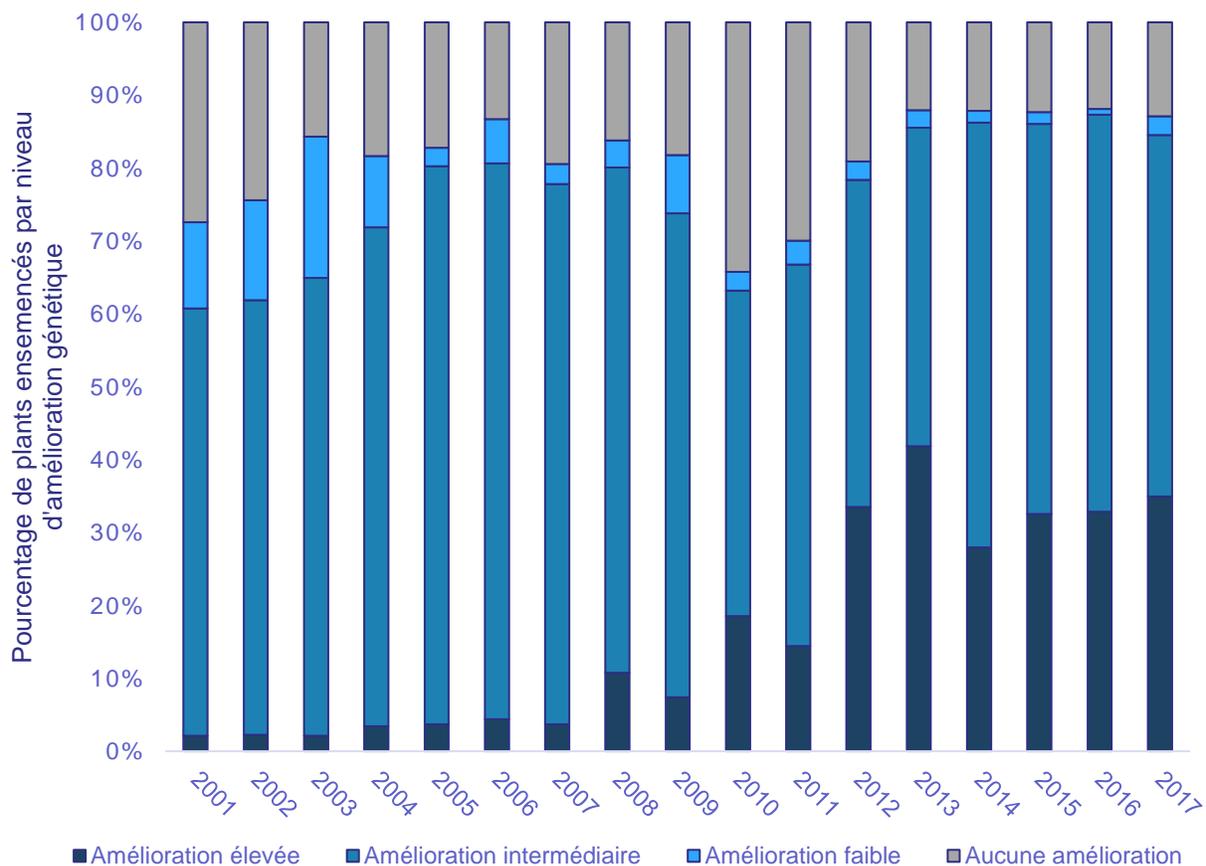


Figure 2 : Évolution de l'utilisation des semences génétiquement améliorées pour la production de plants destinés au reboisement au Québec

Dans le cas des plantations établies avec des essences exotiques ou hybrides, des études démontrent qu'il y a peu ou pas de risque d'invasion et d'hybridation entre l'essence introduite et les essences indigènes (p. ex., pour l'épinette de Norvège, Mottet *et al.*, 2010). La diversité génétique des espèces sauvages apparentées est ainsi préservée *in situ* et n'est pas menacée, ce qui est également le cas pour les espèces avec une valeur socioéconomique ou culturelle.

Évaluation la diversité génétique dans les forêts naturelles et les plantations

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour évaluer la diversité génétique d'une espèce, la plus commune étant l'utilisation de marqueurs génétiques. Les marqueurs génétiques sont des régions spécifiques de l'ADN qui présentent de la variation entre les individus. Ces régions spécifiques sont utilisées pour obtenir une évaluation de la diversité génétique globale. Plusieurs paramètres doivent être pris en compte lorsque la diversité génétique d'une espèce est évaluée. Celle-ci peut renseigner non seulement sur la richesse génétique d'un individu ou au sein d'une population, mais aussi sur les différences et les échanges génétiques entre les individus et les populations. Il convient donc d'évaluer la diversité génétique pour un ensemble d'individus qui sera représentatif de l'aire de distribution d'une espèce et pour un nombre suffisant d'individus par population, afin d'obtenir une bonne idée de la distribution géographique de la variabilité génétique.

Portrait 2013-2018

Indicateur : état des connaissances de la diversité génétique des espèces forestières arborescentes au Québec

Il y a présentement quarante-six espèces d'arbres au Québec. Avant de décider si des actions doivent être entreprises pour conserver la diversité génétique de chaque espèce et de déterminer la nature de ces actions, le statut de conservation de la diversité génétique doit être établi pour chacune de ces espèces. Le Ministère a réalisé des travaux durant la période 2013-2018 afin de déterminer ce statut pour les espèces arborescentes du Québec. Une recherche bibliographique a donc été amorcée afin de compiler les résultats des différentes recherches scientifiques qui se sont intéressées à l'étude de la diversité génétique de l'une ou l'autre de ces espèces. Ces travaux visent aussi à documenter les renseignements suivants :

- La répartition et l'abondance de chaque espèce sur le territoire;
- Le niveau de vulnérabilité des espèces en fonction notamment de leur répartition et abondance, de leur mode de reproduction, de leur habilité à se disperser et de leur aptitude à s'adapter;
- Leur présence dans des aires protégées.

L'ensemble de ces renseignements servira à déterminer le statut de conservation de la diversité génétique de chaque espèce. Ces travaux serviront à caractériser la vulnérabilité des espèces arborescentes aux changements climatiques, servant du même coup à déterminer un ordre de priorité des espèces dont la diversité génétique est à protéger.

Les résultats préliminaires ont fait en sorte de déterminer que certaines espèces ou provenances nécessitent des actions de conservation particulières, que ce soit en raison de leur susceptibilité à un insecte, de leur faible tolérance à des variations rapides du climat, ou encore de leur distribution géographique limitée. À terme, les travaux pourront préciser les mesures complémentaires à celles déjà en place pour maintenir la diversité génétique *in situ* ou *ex situ*.

Indicateur: état des efforts et des mesures de conservation de la diversité génétique des espèces forestières au Québec

Deux approches peuvent être utilisées pour conserver les ressources génétiques des populations naturelles : la conservation *in situ* ou *ex situ*. Chez les espèces forestières arborescentes, la conservation *in situ* est généralement reconnue comme étant l'approche la plus efficace pour conserver la diversité génétique à long terme (Potter *et al.*, 2017). Cette approche est dynamique et évolutive, puisqu'elle aide les espèces à maintenir leurs fonctions et processus écologiques (Rajora et Mosseler, 2001). Elle facilite aussi la conservation des ressources génétiques de plusieurs espèces au même endroit (Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2014). La conservation *in situ* se fait à l'intérieur d'un réseau d'aires protégées qui comprennent notamment les réserves écologiques, les parcs nationaux, les écosystèmes forestiers exceptionnels et les réserves écologiques.

Les stratégies de conservation *ex situ* sont celles qui aident à conserver des plantes ou du matériel génétique (*germplasm*) loin de leur lieu d'origine (Given 1994). Elles comprennent les banques de graines, de pollen et de tissus, les vergers à graines, les jardins botaniques et les arboretums (Maunder *et al.*, 2004), mais elles peuvent également englober toute collection de matériels ou de plantations qui n'a pas été établie ou aménagée dans le but de se régénérer naturellement, comme les tests de provenances et de descendances (Yanchuk et Lester, 1996). Les espèces arborescentes du Québec se divisent en deux

catégories lorsqu'il s'agit de déterminer des moyens de conservation de leur diversité génétique. Il y a les espèces dont les semences sont dites « orthodoxes », c'est-à-dire qui se conservent à long terme en chambre froide et les espèces dont les semences sont dites « récalcitrantes », c'est-à-dire qui ne se conservent pas en chambre froide. Pour les semences récalcitrantes, la faisabilité et la capacité de maintenir la diversité génétique, à l'aide de plantations par exemple, devra être évaluée. Ces plantations auront pour seules vocations la conservation des ressources génétiques et la récolte de semences, le cas échéant. Ces plantations pourront être composées de plants du Québec, mais également de plants d'autres provenances. Pour certaines espèces à semences orthodoxes, une évaluation est requise quant à la faisabilité et la pertinence de maintenir la diversité génétique par des récoltes spécifiques et supplémentaires dans certaines sources de semences au Québec.

Les vergers à graines établis afin de fournir des semences améliorées pour les espèces reboisées constituent également un capital de diversité génétique. L'objectif de conserver la diversité génétique est pris en compte à toutes les étapes de l'installation d'un verger à graines, et ce, depuis les premiers installés en 1978 jusqu'aux installations les plus récentes. Il y a présentement 95 vergers à graines au Québec, répartis sur l'ensemble du territoire québécois.

Références

- AITKEN, Sally N. Sam Yeaman, Jason A. Holliday, Tongli Wang et Sierra Curtis-McLane. (2008). *Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations*. *Evolutionary Applications*, 1(1), p. 95–111. [<https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2007.00013.x>]
- COMMISSION ON GENETIC RESOURCES FOR FOOD AND AGRICULTURE. 2014. *The state of the world's forest genetic resources*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- GIVEN, David R. 1994. *Principles and practice of plant conservation*, Chapman & Hall Ltd., Londres (Royaume-Uni), 292 p.
- GODBOUT, Julie et Jean Bousquet. 2014. « Les génomes du pin gris et du pin tordu, témoins des bouleversements climatiques passés », dans *Le Naturaliste Canadien*, 138(1), 32 p. [<https://doi.org/10.7202/1021041ar>]
- JARAMILLO-CORREA, Juan P., Jean Beaulieu, Damase P. Khasa et Jean Bousquet. 2009. « Inferring the past from the present phylogeographic structure of North American forest trees: seeing the forest for the genes », dans *Canadian Journal of Forest Research*, 39(2), p. 286–307. [<https://doi.org/10.1139/X08-181>]
- MAUNDER, Mike, Kayri Havens, Edward O. Guerrant Jr. et Donald A. Falk. 2004, « Ex situ methods: a vital but underused set of conservation resources », dans GUERRANT, Edward O., Kayri Havens et Mike Maunder (éd.). *Ex Situ plant conservation: supporting species survival in the wild*, p. 3-20.
- MOTTET, Marie-Josée, Guy Prigent, Martin Perron, Josianne Deblois et Marie-Claude Lambert. 2010. « Régénération naturelle de l'épinette de Norvège au Québec : aucun signe d'envahissement », dans *Note de Recherche Forestière*, 135, 11, tiré de [<https://mffp.gouv.qc.ca/nos-publications/regeneration-naturelle-epinette-de-norvege/>] [<http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mottet-Marie-Josée/Avis30.pdf>]
- NAMKOONG, Gene, Hyun Chung Kang et Jean-Sébastien Brouard. 1988. *Tree Breeding: Principles and Strategies*, New York: Springer-Verlag. Monograph, Theoretical and Applied Genetics, 11.
- POTTER, Kevin M., Robert M. Jetton, Andrew Bower, Douglass F. Jacobs, Gary Man, Valerie D. Hipkins et Murphy Westwood. 2017. « Banking on the future: progress, challenges and opportunities for the genetic conservation of forest trees », dans *New Forests* 48(2), p. 153-180. [<https://doi.org/10.1007/s11056-017-9582-8>]
- RAJORA, Om P. et Alex Mosseler. 2001, « Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources », dans *Euphytica*, 118(2), p. 197-212.

SECRÉTARIAT DE LA CONVENTION SUR LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE. *Plan stratégique pour la diversité biologique 2011-2020 et les Objectifs d'Aichi*. 2010. Montréal (Québec), Canada. 2 p.

YANCHUK, Alvin D. et Donald T. Lester. 1996. « *Setting priorities for conservation of the conifer genetic resources of British Columbia* », dans *Forestry Chronicle*, 72(4), p.406-415.