

QUAND LA GÉNOMIQUE SE MET AUX SERVICES DES FORÊTS, D'INNOMBRABLES BÉNÉFICES SONT GÉNÉRÉS !

1. LA GÉNOMIQUE FORESTIÈRE ; UNE NOUVELLE ÈRE DE PROGRÈS POUR LA FORESTERIE CANADIENNE !



La génomique a permis d'amorcer une révolution technologique dans plusieurs domaines, dont celui de la foresterie. Dans ce domaine, la génomique apporte des solutions concrètes à la problématique actuelle de la foresterie canadienne :

- demande croissante de produits forestiers, mais diminution de la disponibilité de la ressource ; la productivité des arbres reboisés doit donc être augmentée (plus de bois en moins de temps) ;
- pression sociale grandissante pour augmenter les aires protégées ; il faut donc réduire les surfaces d'exploitation forestière ;
- compétitivité industrielle qui demande de développer des produits à valeur ajoutée qui s'appuient sur des arbres plus « performants » (plus de bois, plus gros et de meilleure qualité) ;
- répondre aux nouvelles conditions environnementales amenées par les changements climatiques (plus d'arbres adaptés aux changements climatiques).

La génomique forestière amène des réponses à ces problèmes en favorisant un reboisement avec des variétés d'arbres à croissance rapide, ayant un fort rendement, une haute qualité de bois, et qui sont mieux adaptés aux nouvelles conditions environnementales. Ceci par le biais de techniques d'amélioration génétique, plus rapides et moins coûteuses que les méthodes traditionnelles d'amélioration génétique. L'amélioration génétique est implantée au Québec et au Canada depuis plus de 40 ans. Elle permet d'augmenter la productivité des arbres en créant de nouvelles variétés plus performantes, par de simples sélections de variétés et de croisements génétiques (hybridation classique), sans passer par les OGM.



Les espèces les plus utilisées pour les programmes d'amélioration génétique sont l'épinette noire et blanche, le pin gris et l'épinette de Norvège. Les épinettes sont des essences commerciales très prisées dans l'industrie du sciage et des pâtes et papier en raison de la qualité de leur bois.

Au Québec, 72 % des 115 millions d'arbres plantés annuellement sont des épinettes. Au Canada, 61 % des 622 millions d'arbres plantés annuellement sont des épinettes (Base de données nationale sur les forêts 1990-2008, Conseil canadien des ministres des forêts, Gouvernement du Canada : <http://nfdp.ccfm.org>).

Comme le démontre le **figure 1**, l'utilisation des méthodes traditionnelles d'amélioration génétique est beaucoup plus lente que la génomique en termes de sélection des meilleurs arbres de reboisement. La génomique, par l'utilisation d'outils diagnostiques de pointe (biopuces ADN), permet une sélection plus rapide et précise quant à l'identification des caractères désirables pour le reboisement.

2. BÉNÉFICES SOCIOÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX DE LA GÉNOMIQUE FORESTIÈRE

2.1. LA GÉNOMIQUE FORESTIÈRE COMME SOLUTION DE LA PÉRENNITÉ ET DE LA COMPÉTITIVITÉ DE L'INDUSTRIE FORESTIÈRE CANADIENNE

L'industrie forestière est depuis longtemps à l'avant-plan de l'économie canadienne. Elle emploie plus de 375 000 travailleurs (emplois directs) et génère des revenus annuels de plus de 82 milliards de dollars. Au Québec seulement, 150 000 emplois directs et 12 milliards de dollars en revenus annuels sont générés. Cette industrie, présentement en crise, doit assurer sa pérennité et survivre dans un domaine hautement compétitif. En effet, certains pays comme le Brésil, où il ne faut que 7 à 10 ans pour faire croître un eucalyptus comparativement aux épinettes du Canada qui atteignent leur maturité à 60 et 80 ans, convoitent les marchés que nos forêts alimentent actuellement.



Comme mentionné, à court terme (3 à 5 ans), la génomique forestière favorise un reboisement intensif, performant et efficient. À moyen terme (5 à 10 ans), elle favoriserait l'augmentation de la régénération des forêts (sylviculture) et de la disponibilité de la ressource forestière du Québec et du Canada. À plus long terme (10 à 20 ans), elle permettrait d'approvisionner l'industrie en ressource première hautement performante (quantité et qualité du bois). Ces multiples bénéfices apporteront aux entreprises forestières canadiennes une rentabilité améliorée et une valeur ajoutée qui les avantageront grandement. Ceci, en plus de stimuler les investissements privés et publics et d'attirer une main-d'œuvre de pointe. Le rayonnement du Québec et du Canada s'en verra grandement valorisé.

MÉTHODE TRADITIONNELLE : 15-20 ans

Sélection des arbres les plus performants – dès le stade de maturité – selon les caractéristiques physiques (phénotype) désirables transmises aux descendants.

OUTIL DE SÉLECTION : TESTS DE DESCENDANCE

MÉTHODE GÉNOMIQUE : 1-2 ans

Sélection des arbres les plus performants – dès le stade de semis – selon les gènes (génotype) responsables des caractéristiques physiques désirables.

OUTIL DE SÉLECTION : BIOPUCES ADN

Figure 1. Comparaison du temps de sélection des arbres les plus performants selon les approches d'amélioration génétique et génomique. L'utilisation d'outils de génomique (biopuces ADN) permet de sélectionner, dès le stade de semis, des arbres de qualité de bois, de vitesse de croissance et d'adaptation optimaux pour le reboisement des forêts. Par cette méthode, la sélection est donc plus rapide et moins coûteuse.



2.2. LA GÉNOMIQUE FORESTIÈRE COMME AIDE AU DÉVELOPPEMENT DURABLE DES FORÊTS



En termes de développement durable, des groupes comme le Réseau ligniculture Québec (RLQ), qui valorise les actions régionalisées pour la culture intensive des arbres forestiers, s'appuie fortement sur les apports de la génomique forestière pour la régénération des forêts.

La sélection, par la génomique, d'arbres ayant une haute adaptation aux nouvelles conditions environnementales (climat, sol) serait aussi une option à fort potentiel pour répondre aux impacts des changements climatiques. En effet, il est possible d'optimiser l'adaptation des espèces à un certain climat. Aussi, certains arbres fixent le CO₂ beaucoup mieux que d'autres et il serait possible d'exploiter cette caractéristique influencée par la génétique. Compte tenu de la capacité de captation du carbone de la forêt boréale, qui peut séquestrer jusqu'à 175 tonnes métriques de carbone à l'hectare, comparativement à une trentaine de tonnes seulement pour le maïs, l'accélération du reboisement par la génomique forestière constituerait l'une des solutions pour freiner l'impact du réchauffement climatique. Mais également en raison du potentiel nettement supérieur de la forêt d'être transformée en biocarburant, comparativement au maïs.

3. ARBOREA, UN PROJET NOVATEUR DE GÉNOMIQUE FORESTIÈRE FINANCÉ PAR GÉNOME QUÉBEC QUI FAIT DU CANADA UN LEADER DANS CE DOMAINE



Un bon exemple de réussite de génomique forestière au Québec est le projet Arborea dirigé par deux chercheurs de l'Université Laval, John MacKay et Jean Bousquet. Ce grand projet de génomique effectué sur l'épinette blanche est financé par Génome Québec, Génome Canada et des partenaires public (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune) et privé (FPInnovations). Il comprend 60 chercheurs répartis dans plus de six universités et centres de recherche au Canada et à l'international et représente un investissement de 23 millions de dollars au Québec.

Depuis le début du projet, Arborea, en collaboration avec des chercheurs de la Colombie-Britannique, a identifié, par séquençage, plus de 25 000 des 30 000 gènes de l'épinette blanche. De ces gènes, environ 20 à 30 interviennent dans la croissance du bois, et 5 à 10 dans la densité du bois. L'identification de biomarqueurs génétiques liés à la variation de ces caractères désirables pour le reboisement des forêts (croissance, densité et adaptabilité) a permis

POUR PLUS D'INFORMATIONS SUR LE PROJET ARBOREA :

Visiter le site Internet : www.arborea.ca

Renseignements : Fabienne Mathieu, Agente de liaison et communications Arborea

info@arborea.ulaval.ca

418 656-2131, poste 12995

Renseignements : Louise Thibault, Chargée de projets, Communications Génome Québec

lthibault@genomequebec.com

514 398-0668, poste 232

de développer des biopuces ADN qui seront utilisées pour l'identification rapide des arbres les plus performants. En plus de développer ces outils, une des chercheuses d'Arborea, Nancy Gélinas, a évalué la valeur économique et la faisabilité de l'utilisation de ces outils en estimant les gains de rendement en comparant les approches d'amélioration génétique traditionnelle et génomique, la valeur marchande de l'épinette blanche en fonction de son diamètre et les bénéfices écologiques donnés par le stockage du carbone et l'optimisation de la biodiversité.

Les résultats de l'étude économique sur les gains de rendement démontrent à la **table 1** que la génomique réduit le temps où la valeur maximale d'un peuplement d'épinettes blanches est atteinte et qu'elle augmente la valeur des bénéfices (en dollars par hectare), comparativement à l'approche traditionnelle d'amélioration génétique.

Table 1 : Rendement d'une plantation d'épinettes blanches sur des sites de qualité de sol élevée et ayant subi des traitements sylvicoles : comparaison de différentes approches d'amélioration génétique.

	Âge où la valeur maximale d'un peuplement est atteinte	Valeur actualisée ¹ des bénéfices (en dollars par hectare)
Arbres non améliorés	38 ans	471,00 \$/ha
Arbres améliorés : approche traditionnelle ²	35 ans	600,00 \$/ha
Arbres améliorés : approche génomique ²	33 ans	712,00 \$/ha

¹Actualisation à un taux de 7%. ²Basé sur un scénario de plantation de 10% de gain en volume de bois. Source : Petrinovic J, Gélinas N et Beaulieu J. 2009. Rentabilité des plantations d'épinette blanche améliorée génétiquement au Québec : le point de vue du propriétaire. *Forestry Chronicle* 85(4): 538-547.

Enfin, Arborea a évalué l'acceptabilité (perceptions) du public et des professionnels intéressés par l'utilisation de la génomique forestière. Cette évaluation est très importante, car si la population et les parties prenantes (chercheurs, industries forestières, décideurs, sylviculteurs, groupes environnementaux, etc.) ne sont pas prêts à accepter les produits forestiers issus de la génomique, les efforts de recherche et les investissements seront vains. Il s'agit également de déterminer, à l'aide de ces informations, une stratégie de transfert de connaissances ciblée envers ces acteurs, et ainsi augmenter leur adhésion aux approches génomiques en foresterie (Nancy Gélinas, 2009).