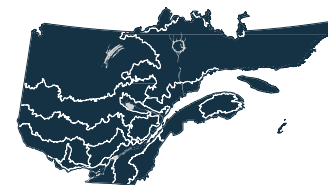


## L'écophysiologie, un atout pour réussir la migration assistée de sources génétiques d'épinette blanche

Par *Mohammed S. Lamhamedi*, ing.f., Ph. D., *André Rainville*, ing.f., M. Sc., *Lahcen Benomar*, Ph. D., *Isabelle Villeneuve*, ing.f., M. Sc., *Jean Beaulieu*, ing.f., Ph. D., *Jean Bousquet*, Ph. D., *Hank Margolis*, Ph. D., *Josianne DeBlois* stat., M. Sc., *Marie-Claude Lambert*, stat., M. Sc.



Territoires où les résultats s'appliquent.

En réponse au réchauffement climatique, les espèces arborescentes ont recours à deux stratégies pour survivre : s'adapter au nouveau climat local ou migrer vers des habitats plus favorables. Or la vitesse et l'intensité des changements climatiques anticipés d'ici la fin du siècle dépasseraient la capacité d'adaptation de certaines espèces forestières. De plus, leur vitesse de migration est beaucoup plus lente que la vitesse prévue de déplacement du climat vers le nord ou vers les hautes altitudes (respectivement de 100 à 200 m/an et de 2 à 10 km/an).

La migration assistée permet de mettre en terre des plants issus de populations génétiquement diversifiées qui sont déjà adaptées à un climat plus chaud. Elle vise à réduire la vulnérabilité des peuplements forestiers face aux changements climatiques et à maintenir la productivité forestière. Sa mise en application doit toutefois reposer sur des connaissances scientifiques solides. Bien qu'il existe un modèle de transfert d'épinette blanche permettant d'estimer le rendement futur des plantations soumises aux changements climatiques, il s'avère nécessaire de mieux cerner la plasticité et l'adaptation des plants issus des vergers actuellement utilisés au Québec. Un projet de recherche lancé en 2011 a pour objectif d'évaluer la performance morpho-physiologique des plants provenant des vergers d'épinette blanche les plus utilisés dans les programmes de reboisement i) en pépinière forestière et en conditions contrôlées; et ii) dans différents sites de plantation représentant un gradient climatique de 5,8 °C, cela afin d'optimiser le choix des sources de semences les mieux adaptées au climat présent et futur.

### Méthodologie

Huit vergers à graines clonaux d'épinette blanche (*Picea glauca*), dont 6 de première génération et 2 de deuxième génération, ont été choisis selon leur contribution dans le programme de reboisement du Québec (Figure 1). Chaque verger à graines (V) est représenté par deux années successives de récoltes de cônes afin de tenir compte de la variabilité interannuelle et interclonale de la production de semences. Les variables de croissance et écophysiologiques (échanges gazeux, nutrition minérale, etc.) ont été mesurées sous tunnel pendant la première année de croissance (1+0), en pépinière pendant la deuxième année (2+0; figure 2) et en serre au début de la troisième année (3+0). De 2013 à 2015, la Direction de la recherche forestière a procédé à l'installation de 9 plantations réparties selon trois transects sud-nord situés à l'est, au centre et à l'ouest du Québec, représentant un gradient climatique de 5,8 °C.

Dans chaque site de plantation, 4608 plants ont été mis en terre (densité : 2 000 plants/ha; espacement 2,25 x 2,25 m), répartis en

4 blocs aléatoires complets. Chaque bloc comporte 8 parcelles occupées chacune par un des 8 vergers évalués. Chaque parcelle est constituée de 144 plants (12 x 12). Les variables de croissance et écophysiologiques ont également été mesurées au cours des 2 premières années en plantation.

### Résultats

En pépinière et en serre, les plants provenant des différentes sources génétiques ont montré des réponses morpho-physiologiques différentes, bien qu'ils aient été soumis à des conditions environnementales identiques et à des régies de culture optimales. Les différences observées sont donc attribuables uniquement aux effets génétiques.

Malgré ces différences, les 8 vergers peuvent être regroupés en 5 groupes distincts selon trois variables morpho-physiologiques (hauteur, masses sèches des racines, contenu en azote des parties aériennes; figure 3). Les vergers du sud (V1 et V3) et ceux de deuxième génération (V2 et V7) ont une hauteur (2+0) supérieure aux

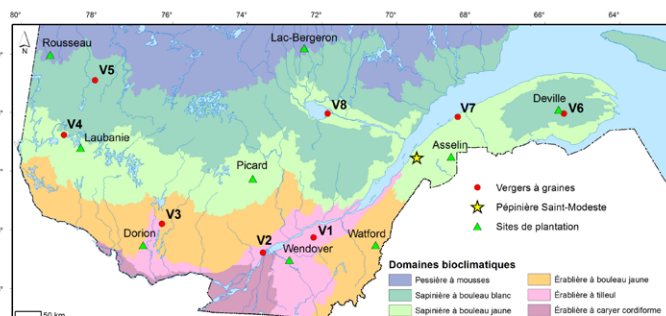


Figure 1. Emplacement des huit vergers à graines (V) d'épinette blanche, de la pépinière de Saint-Modeste et des neuf sites de plantation.



Figure 2. Production de plants des 8 sources génétiques (VE) sous tunnel (1+0) et à l'extérieur (2+0) à la pépinière de Saint-Modeste.

sources de l'ouest et du nord-est, suivant ainsi une variation liée à la latitude. La hauteur finale des plants des 6 vergers de première génération est significativement corrélée aux conditions climatiques de leur origine (température moyenne de la saison de croissance, température moyenne de juillet, longueur de la saison de croissance).

Dans les sites de plantation (Figure 4), les plants des différents vergers ont montré un bon taux de survie et une bonne croissance. Les traits fonctionnels écophysio-physiologiques des plants (photosynthèse, conductance des stomates et du mésophylle, etc.) étaient plus influencés par le site de plantation que par la génétique (verger). Les sources génétiques ont ajusté leurs températures optimales de la photosynthèse et de la respiration selon les conditions environnementales du site, ce qui est un indicateur de leur plasticité phénotypique (Figure 5). On parle de plasticité phénotypique lorsque, pour une même source génétique, on observe une variation d'un caractère donné (échange gazeux, formation du bourgeon, etc.) en réponse à une variation de l'environnement.

Les corrélations significatives entre les sources génétiques et leur climat d'origine nous indiquent qu'il serait bénéfique de recourir à la migration assistée pour optimiser l'adaptation des sources génétiques reboisées en prévision des conditions climatiques futures.

## Portée opérationnelle et perspectives

Le recours aux variables morpho-physiologiques pour évaluer les différentes sources génétiques sur plusieurs sites de plantation, à moyen et à long terme, permettra de préciser l'amplitude écologique d'utilisation de chaque verger et de redéfinir son territoire d'utilisation. L'aménagiste

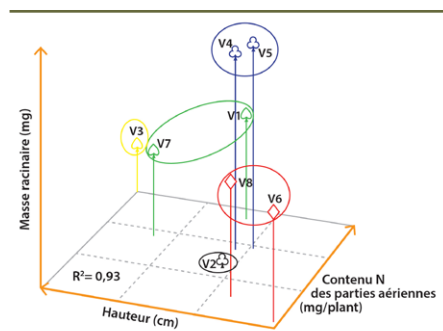


Figure 3. Groupement des vergers à graines (V) à partir de trois variables morpho-physiologiques mesurées à la fin de la deuxième saison de croissance. Les vergers aux symboles identiques indiquent qu'ils font partie du même groupe.



Figure 4. Exemple d'un site de plantation dans le canton de Watford en Beauce.

pourra choisir la source la mieux adaptée pour un territoire donné, ce qui augmentera la probabilité de succès des plantations. Il pourra ensuite estimer le rendement des plantations en combinant le modèle de transfert d'épinette blanche et le modèle d'indice de qualité de station biophysique. Une meilleure connaissance des traits fonctionnels impliqués dans l'adaptation aux changements climatiques permettra de sélectionner d'autres sources d'épinette blanche (américaines, par exemple) susceptibles d'être adaptées au climat futur. La suite du projet apportera également des réponses quant à la tolérance des sources aux épisodes d'extrêmes climatiques.

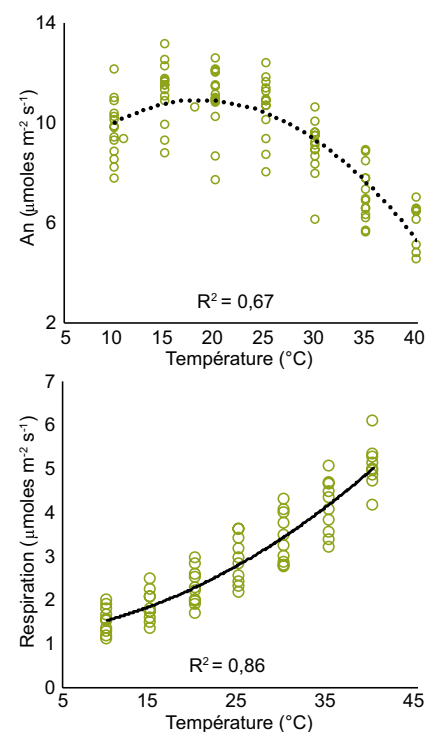


Figure 5. Variations de la photosynthèse ( $A_n$ ) et de la respiration en fonction de la température foliaire mesurées pour 2 vergers à graines (V1 et V6) dans les 9 plantations. La température optimale de la photosynthèse est de 19 °C et le Q10 (taux d'augmentation de la respiration à chaque 10 °C) de la respiration est de 1,5.

## Pour les curieux...

Benomar L., M. S. Lamhamedi, A. Rainville, J. Beaulieu, J. Bousquet, H. A. Margoli, 2016. *Genetic adaptation vs. ecophysiological plasticity of photosynthetic-related traits in young Picea glauca trees along a regional climatic gradient*. Front. Plant Sci. 7: 48.

Benomar, L., M. S. Lamhamedi, I. Villeneuve, A. Rainville, J. Beaulieu, J. Bousquet, H. A. Margolis, 2015. *Fine-scale geographic variation in photosynthetic-related traits of Picea glauca seedlings indicates local adaptation to climate*. Tree Physiol. 35(8): 864-878.

Lamhamedi, M. S., et S. Carles, 2012. *Le verger à graines d'où proviennent les semences peut-il affecter la croissance des plants d'épinette blanche ?* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Avis de recherche n° 39. 2 p.

Villeneuve, I., M. S. Lamhamedi, L. Benomar, A. Rainville, J. DeBlois, J. Beaulieu, J. Bousquet, M.-C. Lambert, H. A. Margolis, 2016. *Morpho-physiological variation of white spruce seedlings from various seed sources and implications for deployment under climate change*. Front. Plant Sci. 7:1450.

Rainville, A., J. Beaulieu, L. Langevin, T. Logan et M.-C. Lambert, 2014. *Prédire l'effet des changements climatiques sur le volume marchand des principales espèces résineuses plantées au Québec, grâce à la génétique forestière*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 174. 78 p.

Les liens Internet de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

Direction de la recherche forestière  
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs  
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994  
Télocopieur : 418 643-2165

Courriel : [recherche.forestiery@mffp.gouv.qc.ca](mailto:recherche.forestiery@mffp.gouv.qc.ca)  
Internet : [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche](http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche)

ISSN : 1715-0795

Forêts, Faune  
et Parcs

Québec