



LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE CHEZ
LES ESSENCES COMMERCIALES :

L'ÉPINETTE BLANCHE

Jean Beaulieu
et Marie Deslauriers

FEUILLET D'INFORMATION CFL-30



Ressources naturelles
Canada

Service canadien
des forêts

Natural Resources
Canada

Canadian Forest
Service

Canada



PAGE COUVERTURE

PHOTO 1

Cônes d'épinette à maturité
(Photo : R. Pâquet)

PHOTO 2

Test de descendance d'épinette blanche
de Lac Saint-Ignace
(Photo : J. Beaulieu)

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2002
Numéro de catalogue GCC Fo29-4/30-2002F
ISBN 0-662-85350-4
ISSN 0835-1635

Il est possible d'obtenir sans frais un nombre restreint d'exemplaires en français de cette publication auprès de :

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
Canada G1V 4C7

Cette publication est également disponible en format électronique sur le site Web du CFL à l'adresse : <http://www.cfl.scf.rncan.gc.ca>

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente chez :
Micromédia Ltée
240, rue Catherine, bureau 305
Ottawa (Ontario) K2P 2G8
Tél. : (613) 237-4250
Ligne sans frais : 1-800-567-1914
Télec. : (613) 237-4251

This publication is also available in English under the title "Genetic diversity in commercial tree species: white spruce"
(CCG Catalog No. Fo29-4/30-2002E).

INTRODUCTION

L'estimation du niveau et de la répartition de la diversité génétique de chaque espèce est essentielle à la mise en place de stratégies efficaces de conservation des ressources génétiques, éléments clés pour la durabilité des forêts. La présence de la diversité (*figure 1*) au sein des populations naturelles et des plantations d'espèces forestières assure la stabilité des écosystèmes forestiers. Elle permet une adaptation progressive des espèces face aux changements de conditions environnementales telles les variations climatiques et les épidémies d'insectes et de pathogènes forestiers.

Au Québec, divers aspects de la diversité génétique chez les essences forestières ont été abordés. Ainsi, l'évaluation de la diversité génétique pour des caractères de croissance a permis de constater que l'épinette blanche possédait une diversité génétique élevée qu'on pourrait avantageusement exploiter pour créer des variétés supérieures. Plus récemment, l'emploi des techniques moléculaires a permis de générer des informations complémentaires en ce qui a trait à la structure de cette diversité dans les populations naturelles.

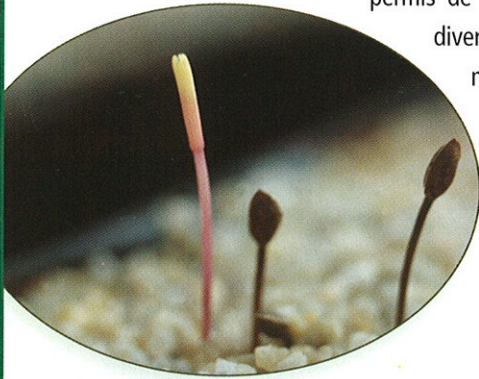


Figure 1

Illustration de la présence de diversité génétique chez une essence forestière : semis normaux et albinos.
(Photo : C. Moffet)

MATÉRIEL et MÉTHODES

Caractères morphologiques

Les caractères morphologiques, comme la hauteur ou le volume d'un arbre, sont modelés par sa constitution génétique et par l'environnement dans lequel il se situe. Ce caractère visible est appelé phénotype. Lorsqu'on veut évaluer la variabilité ou la diversité due uniquement aux différences de constitution génétique entre individus, il faut alors neutraliser les influences environnementales qui modèlent le phénotype. Pour ce faire, on placera dans un endroit homogène (plantation ou test génétique) des familles ou provenances d'origines diverses et on suivra leur évolution dans le temps. De tels travaux sont en cours au Québec depuis les années 50 pour l'épinette blanche (figure 2). On peut maintenant compter sur la présence de plusieurs dizaines d'essais de provenances et de tests de provenances-descendances pour estimer la diversité génétique de caractères morphologiques de cette importante essence.



Figure 2

Test de provenances-descendances d'épinette blanche établi à la Station forestière de Valcartier (26 ans après la plantation). (Photo : C. Moffet)

Caractères moléculaires

Les caractères moléculaires (fragments) permettent d'étudier directement la constitution génétique de chaque arbre analysé sans passer par l'établissement de tests ou de plantations. L'estimation de la diversité génétique est alors réalisée à partir d'extraits de tissus végétaux, tels les semences et les bourgeons, prélevés sur un certain nombre d'arbres (figure 3). Ces extraits sont déposés sur un support (gel) et soumis à un champ électrique (électrophorèse) qui permet la séparation des divers fragments qui les composent en fonction de leur charge électrique ou de leur poids moléculaire. Lorsque la migration est terminée, on peut rendre visibles les fragments à l'aide de colorants chimiques. Les positions relatives des fragments détectés servent à déterminer les génotypes



Figure 3

Mégagamétophytes et embryons (haut), à partir desquels l'ADN peut être extrait (bas). (Photos : C. Moffet)

propres à chaque individu, lorsque l'analyse se fait directement au niveau de l'ADN (*figure 4*), ou à les inférer, lorsque les protéines (enzymes) sont utilisées. En comparant les génotypes de plusieurs individus et de plusieurs gènes, on arrive à caractériser les populations et les espèces.

Diverses analyses de la diversité génétique de populations naturelles d'épinettes blanches ont été réalisées jusqu'à ce jour au Centre de foresterie des Laurentides du Service canadien des forêts. Certains résultats de ces études sont présentés ici, soit des estimations de la répartition de la diversité génétique entre les populations et à l'intérieur de celles-ci. De plus, quelques estimations obtenues pour d'autres régions d'Amérique du Nord sont fournies en guise de comparaison.

Finalement, le rôle que peuvent jouer les marqueurs moléculaires dans l'élaboration de stratégies d'amélioration génétique d'une essence comme l'épinette blanche est abordé.

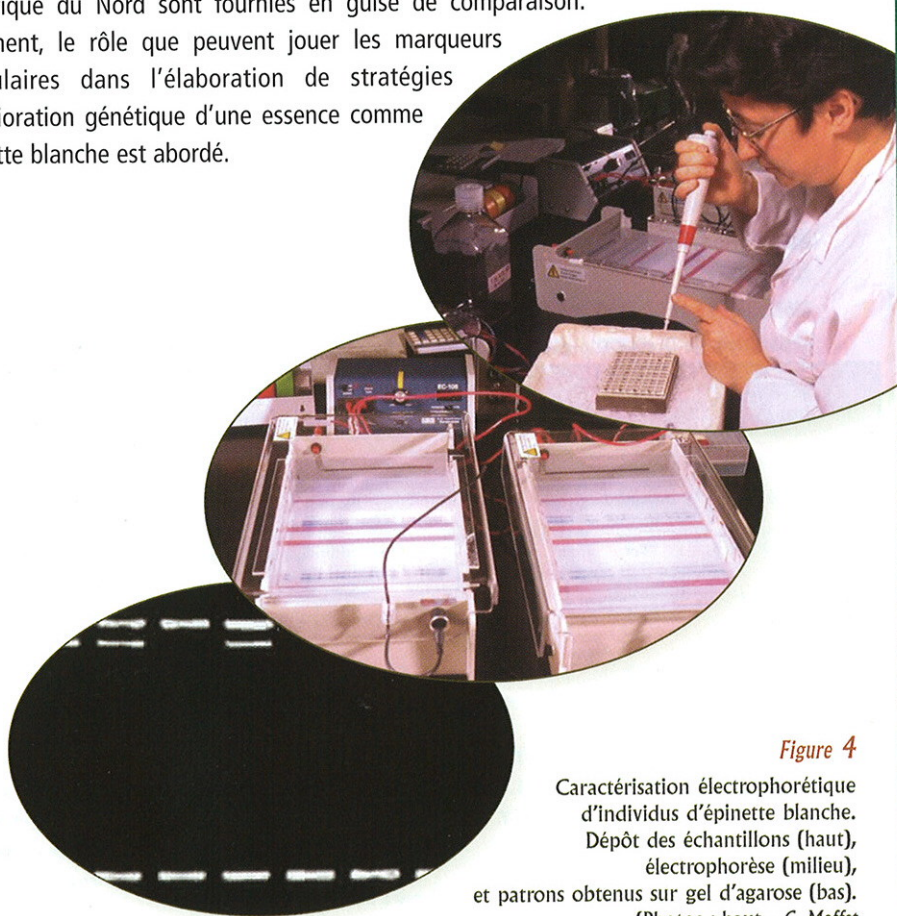


Figure 4

Caractérisation électrophorétique d'individus d'épinette blanche. Dépôt des échantillons (haut), électrophorèse (milieu), et patrons obtenus sur gel d'agarose (bas).
(Photos : haut - C. Moffet
milieu - C. Moffet
bas - M. Deslauriers)

RÉSULTATS et DISCUSSION

Les plantes, et en particulier les arbres, possèdent des niveaux de diversité génétique très élevés comparativement aux espèces d'autres règnes vivants. Cette grande diversité permet en particulier aux espèces longévives de survivre aux changements environnementaux majeurs susceptibles de se produire au cours de leur vie et de produire une descendance bien adaptée aux nouvelles conditions. D'autres caractéristiques, comme le statut taxonomique (gymnosperme ou angiosperme) d'une espèce, l'étendue de son aire de répartition, son système d'accouplement et ses moyens de dispersion, permettent également de comprendre les différences observées entre les diverses espèces quant à leur niveau de diversité génétique et à la répartition de cette dernière entre les populations et à l'intérieur de celles-ci. Ainsi, les essences forestières qui, comme l'épinette blanche, occupent une vaste aire de répartition, qui ont un mode de pollinisation croisée et dont le pollen et les semences sont dispersés par le vent, montrent habituellement un niveau de diversité élevé et l'essentiel de celle-ci se trouve à l'intérieur des populations (Hamrick et Godt, 1989), comme le confirment les résultats présentés au *tableau 1*.

Tableau 1

Répartition de la diversité génétique estimée chez des caractères morphologiques et moléculaires

	% DE LA VARIANCE		ZONE D'ÉTUDE	N°	RÉFÉRENCES
	INTRA-POPULATION	INTER-POPULATION			
CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES					
Hauteur à 8 ans	91,8	8,2	Québec	40	Jaramillo-Correa et collab., 2001
Aoûtément à 3 ans	75,4	24,6	Québec	40	Jaramillo-Correa et collab., 2001
Densité du bois à 24 ans	89,4	10,6	Québec, Ontario	28	Beaulieu et Corriveau, 1985
Volume à 25 ans (Harrington)	94,9	5,1	Québec, Ontario	25	
CARACTÈRES MOLÉCULAIRES					
Isoenzymes	98,9	1,1	sud du Québec	10	Deslauriers et collab., 1996
	88,7	11,3 *	nord du Québec	6	Tremblay et Simon, 1989
	99,3	0,7	sud-est de l'Ontario	9	Cheliak et collab., 1988
	98,5	1,5	Alaska	4	Alden et Loopstra, 1987
	96,2	3,8	Canada, nord des États-Unis	22	Furnier et collab., 1991
ESTP†	97,6	2,4	sud du Québec	10	Jaramillo-Correa et collab., 2001

* Réduit à 5,5 % en éliminant les hydrolases

N° : Nombre de populations ou de provenances étudiées

† Expressed sequence tag polymorphism (polymorphisme d'étiquettes de séquences exprimées)

Les analyses de diversité génétique chez les populations naturelles d'épinettes blanches du sud du Québec montrent une grande homogénéité des populations (Deslauriers et collab., 1996). En effet, seulement 1,1 % de la diversité génétique estimée est attribuable aux différences entre les populations. Des résultats similaires ont été rapportés chez des populations naturelles de l'Ontario (0,7 %) et d'Alaska (1,5 %) et dans un test de provenances originaires du Canada et des États-Unis (3,8 %). L'absence d'une plus grande différenciation entre les populations est due aux caractéristiques de l'espèce. En effet, l'épinette blanche est une espèce anémophile et son pollen est transporté sur de grandes distances. Ce facteur, combiné au fait que la distribution des populations est plus ou moins continue, favorise les échanges de gènes entre les populations. Ainsi, il est rare de trouver des allèles qui soient uniques à une population donnée et les fréquences des principaux allèles sont généralement similaires d'une population à l'autre.

À l'instar des marqueurs biochimiques (isoenzymes), la vaste majorité de la variabilité génétique des caractères morphologiques de l'épinette blanche se trouve également à l'intérieur des populations (tableau 1). En effet, les analyses des essais de provenances originaires du sud de l'Ontario et du Québec montrent

que de 5 à 25 % de cette variabilité est due aux différences entre les populations, selon le caractère étudié (figure 5). Bien qu'il y ait de façon générale concordance entre les caractères morphologiques et moléculaires chez cette essence, certains comme l'aoûtement ou la densité du bois semblent répondre aux pressions adaptatives.



Figure 5

Illustration de la variabilité existant au niveau de la taille des billes d'épinettes blanches récoltées dans un essai de provenances.

(Photo : J. Beaulieu)

À la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce, les populations isolées du Nord québécois (Tremblay et Simon, 1989) semblent être plus différenciées que celles du sud avec 11,3 % de la diversité génétique attribuable aux différences entre les populations. Toutefois, comme il existe des différences méthodologiques entre les études réalisées au sud et au nord du Québec, il est difficile de démontrer que ces écarts de différenciation sont réellement de l'ordre de grandeur trouvé. D'ailleurs, en éliminant certaines classes d'enzymes rarement utilisées, le pourcentage de différenciation des populations est réduit considérablement. On peut cependant s'attendre, tout au moins en théorie, à une plus grande différenciation des populations à la limite de l'aire de répartition d'une espèce donnée en raison des conditions de plus en plus marginales qu'on y retrouve et des plus faibles chances de survie après régénération sexuée.

CONCLUSIONS

Les études portant sur la diversité génétique de l'épinette blanche dans le sud du Québec démontrent que les efforts de conservation ne nécessitent pas de privilégier, à moins d'exception, une ou des populations en particulier parce qu'elles sont toutes passablement similaires sur le plan génétique, et ce malgré les grandes distances géographiques qui peuvent les séparer (plus de 800 km). Cette faible différenciation des populations peut également être observée dans le rendement obtenu dans les divers tests génétiques. En effet, même si des différences significatives entre les moyennes des différentes provenances testées peuvent être détectées, aucun signe de mésadaptation d'une provenance en particulier n'a été noté à ce jour chez cette essence.

Les pressions sur la ressource forestière continuent cependant d'augmenter à cause de la croissance démographique et de celle pour la demande en produits du bois qui en découle. La mise en place de moyens de conservation *in situ* sous forme de parcs et de réserves et de conservation *ex situ* par les banques de semences et les tests de provenances est donc essentielle, même si les populations sont faiblement différenciées, pour protéger le potentiel de cette essence. De plus, face à l'inconnu qui se dessine devant nous avec les changements climatiques majeurs appréhendés, il est préférable d'adopter des stratégies conservatrices d'utilisation et de conservation des ressources génétiques.

Des stratégies efficaces d'amélioration génétique peuvent aussi aider à maintenir, voire à hausser, les niveaux de diversité génétique entre les populations d'une essence donnée et à l'intérieur de celles-ci. Ainsi, une étude menée à l'aide des marqueurs isoenzymatiques (Despouts et collab., 1993) a permis d'évaluer l'impact de la sélection sur la variabilité génétique de l'épinette blanche au Québec. Il en est ressorti que les quelque dizaines d'individus sélectionnés pour leur grande adaptabilité et qui constituaient la population d'amélioration possédaient l'essentiel des formes alléliques présentes dans les populations naturelles. Ce type d'information est particulièrement important puisque, dans ce contexte, l'utilisation de variétés améliorées sur des territoires dédiés à la production de fibres permettra de répondre à une demande croissante tout en permettant de diminuer les pressions sur la forêt naturelle et en assurant la conservation et une bonne gestion des ressources génétiques d'une essence comme l'épinette blanche.

POUR OBTENIR d'autres INFORMATIONS

Si vous avez des commentaires ou suggestions concernant les informations mentionnées dans ce feuillet, nous vous invitons à communiquer avec les auteurs à l'adresse suivante : beaulieu@cfl.forestry.ca

RÉFÉRENCES

- ALDEN, J.; LOOPSTRA, C. 1987.** Genetic diversity and population structure of *Picea glauca* on an altitudinal gradient in interior Alaska. *Can. J. For. Res.* 17:1519-1526.
- BEAULIEU, J.; CORRIVEAU, A. 1985.** Variabilité de la densité du bois et de la production des provenances d'épinette blanche, 20 ans après plantation. *Can. J. For. Res.* 15:833-838.
- CHELIAK, W.M.; MURRAY, G.; PITEL, J.A. 1988.** Genetic effects of phenotypic selection in white spruce. *For. Ecol. Manag.* 24:139-149.
- DESLAURIERS, M.; BEAULIEU, J.; PLOURDE, A.; DAoust, G. 1996.** Genetic diversity in natural white spruce (*Picea glauca*) populations in Québec. 14th North American Forest Biology Workshop, Forest Management Impacts on Ecosystem Processes, Université Laval, Sainte-Foy, June 16-20, 1996. p. 135.
- DESPONTS, M.; PLOURDE, A.; BEAULIEU, J.; DAoust, G. 1993.** Impact de la sélection sur la variabilité génétique de l'épinette blanche au Québec. *Can. J. For. Res.* 23:1196-1202.
- FURNIER, G.R.; STINE, M.; MOHN, C.A.; CLYDE, M.A. 1991.** Geographic patterns of variation in allozymes and height growth in white spruce. *Can. J. For. Res.* 21:707-712.
- HAMRICK, J.L.; GODT, M.J.W. 1989.** Allozyme diversity in plant species. pp. 43-63 *in* Brown, A.H.D., Clegg, M.T., Kahler, A.L., and Weir, B.S. (eds). *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA, USA.
- JARAMILLO-CORREA, J.P.; BEAULIEU, J.; BOUSQUET, J. 2001.** Contrasting evolutionary forces driving population structure at expressed sequence tag polymorphisms, allozymes and quantitative traits in white spruce. *Mol. Ecol.* 10:2729-2740.
- TREMBLAY, M.; SIMON, J.-P. 1989.** Genetic structure of marginal populations of white spruce (*Picea glauca*) at its northern limit of distribution in Nouveau-Québec. *Can. J. For. Res.* 19:1371-1379.

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)

Beaulieu, Jean, 1953-

La diversité génétique chez les essences commerciales : l'épinette blanche

(Feuillet d'information; CFL-30)

Publ. aussi en anglais sous le titre : Genetic diversity in commercial tree species.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-85350-4

No de cat. Fo29-4/30-2002F

1. Épinette blanche -- Québec (Province) -- Génétique.

2. Génétique forestière -- Québec (Province)

I. Deslauriers, Marie.

II. Centre de foresterie des Laurentides.

III. Titre.

IV. Coll. : Feuillet d'information (Centre de foresterie des Laurentides); CFL-30.

SD397.W47B48 2000 634.9'75 C00-980511-7

