

L'amélioration génétique de l'épinette noire en Mauricie et dans les Laurentides : synthèse des travaux réalisés depuis 1972

Mireille Despots, *Ph.D.*, biol.
Gaétan Numainville, techn.for.

Pourquoi produire des épinettes noires génétiquement améliorées

Le programme d'amélioration génétique existe depuis 30 ans au Québec et comprend les principales espèces commerciales. Il constitue une étape essentielle pour accroître le volume et la qualité des arbres produits en plantation. Allié à une sylviculture adéquate, l'emploi de semences génétiquement améliorées représente un élément déterminant pour augmenter la production forestière.

L'amélioration génétique classique des arbres consiste en un cycle continu de sélections, de croisements et de «testages», afin de créer les populations qui constitueront les vergers à graines. Ces derniers alimenteront le reboisement en variétés améliorées adaptées aux conditions écologiques régionales (Figure 1).



Figure 1. Verger à graines du canton Lemane en 1993.

En Mauricie et dans les Laurentides, l'épinette noire demeure une espèce privilégiée pour le reboisement, et les efforts consentis sont à la mesure de son importance économique. En effet, de nombreux dispositifs d'épinettes noires ont été établis dans ces régions afin de parachever toutes les étapes nécessaires à la production de populations plus performantes.

De 1972 à 2003, plus de 210 000 arbres ont été mis en terre dans 45 tests génécologiques (Figure 2). En 2005, on estime que 85 % des besoins en semences seront comblés par les vergers à graines constitués d'une première génération d'arbres améliorés. Une deuxième génération d'épinettes noires est maintenant en voie de développement.

Les travaux réalisés en Mauricie et dans les Laurentides

1- Tests de provenances et d'hybrides entre provenances

De 1972 à 1984, plusieurs tests comparatifs de provenances (lots de semences d'un secteur donné) ont été établis dans les arboretums de la région afin d'étudier les caractéristiques génécologiques de l'épinette noire, et d'obtenir des informations quantitatives sur la variabilité des diverses caractéristiques de l'espèce en fonction de variables pédoclimatiques. Ces tests ont aussi permis d'identifier des provenances ayant démontré leur rusticité et une bonne croissance. Ces dernières ont ensuite été utilisées pour la réalisation de croisements dirigés.



Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8

Téléphone : (418) 643-7994
Télécopieur : (418) 643-2165
Courriel : recherche.foresti@mrnfp.gouv.qc.ca
Site internet : www.mrnfp.gouv.qc.ca

Ressources
naturelles,
Faune et Parcs

Québec





Figure 2. Dispositifs expérimentaux établis de 1972 à 2004 pour l'amélioration génétique de l'épinette noire en Mauricie et dans les Laurentides.

Arboretum de Duchesnay, établi en 1972, comprend 1 056 arbres de 37 hybrides entre provenances de l'Ontario, du Québec et des provinces Maritimes.

Arboretum de Mont-Laurier, établi en 1974, comprend 8 640 arbres de 86 provenances d'épinette noire afférentes à son aire de distribution. Il fait partie d'un ensemble de six tests installés à la grandeur de la province. Le projet était l'initiative de l'Institut forestier national de Petawawa. Des croisements dirigés ont été réalisés avec les arbres des meilleures provenances afin de constituer des variétés multifamiliales supérieures à celles produites par les vergers de première génération.

Arboretum de Valcartier, établi en 1975, comprend 9 600 arbres de cent provenances. Il fait partie d'un ensemble de six tests installés à la grandeur de la province. Le projet était l'initiative de l'Institut forestier national de Petawawa. Des croisements dirigés ont été réalisés avec les arbres des meilleures provenances afin de constituer des variétés multifamiliales supérieures à celles produites par les vergers de première génération.

En 1984, quatre tests de provenances ont été établis en même temps que douze autres tests, répartis à la grandeur du Québec. Il s'agit de tests comparatifs comprenant 3 000 arbres de dix-sept ou dix-huit provenances (dix-huit lots de semences provenant de différentes régions du Québec), et de quelques provenances d'épinette rouge. Ces tests se situent à l'**Arboretum de Coulonge** (dix-sept provenances d'épinette noire et trois provenances d'épinette rouge), à l'**Arboretum de Duchesnay**, (dix-huit provenances d'épinette noire et quatre provenances d'épinette rouge), à l'**Arboretum de Mastigou-**

che, (dix-huit provenances d'épinette noire et deux provenances d'épinette rouge), et à l'**Arboretum de Mont-Laurier**, (dix-huit provenances d'épinette noire et deux provenances d'épinette rouge).

2- Tests de descendance issues de croisements dirigés

Depuis 1988, des croisements dirigés ont été réalisés entre les provenances les plus performantes afin de constituer des variétés multifamiliales supérieures à celles des vergers à graines de première génération. Des croisements dirigés interspécifiques ont aussi été faits afin d'obtenir des gains en croissance et d'améliorer certaines caractéristiques anatomiques ou phénologiques. On visait, de plus, à obtenir avec ces tests des informations sur la génétique des arbres à cime étroite, afin d'évaluer la pertinence de cette approche (idéotype de cime étroite, possédant un meilleur ratio « bois de tige/biomasse totale ») pour accroître les gains en volume.

Trois séries de croisements ont été effectuées pour la zone d'amélioration «B», correspondant au sud de la Mauricie et des Laurentides. Les plantations expérimentales ont été établies dans plusieurs sites en 1991, 1995, et 1997 de même qu'à la pépinière de **Duchesnay** et à Villerooy, où les dispositifs en milieu contrôlé constituent en plus des tests visant à déterminer la possibilité de sélectionner plus précocement les meilleures familles (en cinq ans ou moins) comparativement aux tests en milieu naturel. Les résultats de dix ans de ces derniers déterminent la sélection des meilleures familles qui sont reproduites par bouturage pour la production de plants de reboisement.

Pépinière de Duchesnay, établis en 1990 et 1992, les tests de boutures comprennent 2 080 et 980 arbres respectivement, de 98 et 40 descendance et de quelques provenances.

Arboretum de Mastigouche, établis en 1991 et 1995, les tests de boutures comprennent 3 180 et 1 180 arbres respectivement, de 98 et 46 descendance et de quelques provenances.

Houde, établi en 1997, le test de boutures comprend 4 232 arbres de 81 descendance, et de quelques provenances (Figure 3).



Figure 3. Test d'arbres bouturés issus de croisements dirigés du canton Houde en 2001.

3- Tests de descendance de première génération

Ces tests de descendance représentent le volet le plus important du programme d'amélioration génétique. Les dispositifs sont constitués des descendance des arbres-plus sélectionnés en forêt, et sur lesquels on a récolté les semences. Ces dispositifs ont permis d'identifier les familles à conserver dans les vergers à graines. Une fois les individus des moins bonnes familles éliminés, la pollinisation entre arbres supérieurs assure la production de semences de première génération génétiquement améliorées. La majorité des plants de reboisement utilisés actuellement sont issus des familles sélectionnées. D'autre part, les tests de descendance ont aussi permis la sélection des arbres-élites qui seront utilisés pour créer la deuxième génération d'amélioration. Treize de ceux-ci sont établis en Mauricie et dans les Laurentides, il s'agit de :

Lac aux Épaules, établi en 1982, comprend 23 400 arbres de 450 familles. Les résultats de dix ans devaient permettre de faire l'éclaircie du verger à graines d'**Harrington**, mais le test, jugé trop irrégulier, a été abandonné entre-temps.

Lac Minou, établi en 1984, comprend 21 764 arbres de 454 familles. Les résultats de dix ans devaient permettre de faire l'éclaircie du verger à graines d'**Harrington** mais le test, jugé trop irrégulier, a été abandonné entre-temps.

Brunet, établi en 1986, comprend 17 280 arbres de 360 familles (Figure 4). Les résultats de 10 ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Leman**. Une sélection de 27 arbres-élites a été effectuée dans ce test en 2002 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « B ».

Bickerdike, établi en 1987, comprend 9 500 arbres de 205 familles. Les résultats de 10 ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Chasseur**. Une sélection de dix-sept arbres-élites a été effectuée dans ce test en 1998 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Est).

Lortie, établi en 1987, comprend 10 192 arbres de 221 familles. Les résultats de 10 ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Chasseur**. Une sélection de quatre arbres-élites a été effectuée dans ce test en 1998 pour mettre

en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Est).

Créquy, établi en 1988, comprend 10 752 arbres de 336 familles. Les résultats de 10 ans ont permis de faire l'éclaircie du test **Laviolette** transformé en verger à graines. Une sélection de treize arbres-élites a été effectuée dans ce test en 1998 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Est).

Laviolette, établi en 1988, comprend 10 752 arbres de 336 familles. Les résultats de 10 ans ont permis de faire l'éclaircie du test transformé en verger à graines. Une sélection de six arbres-élites a été effectuée dans ce test en 1998 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Est).

Lac Genest, établi en 1988, comprend 8 400 arbres de 350 familles. Les résultats de dix ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Mitchell-Lépine**. Une sélection de sept arbres-élites a été effectuée dans ce test en 2001 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Ouest).

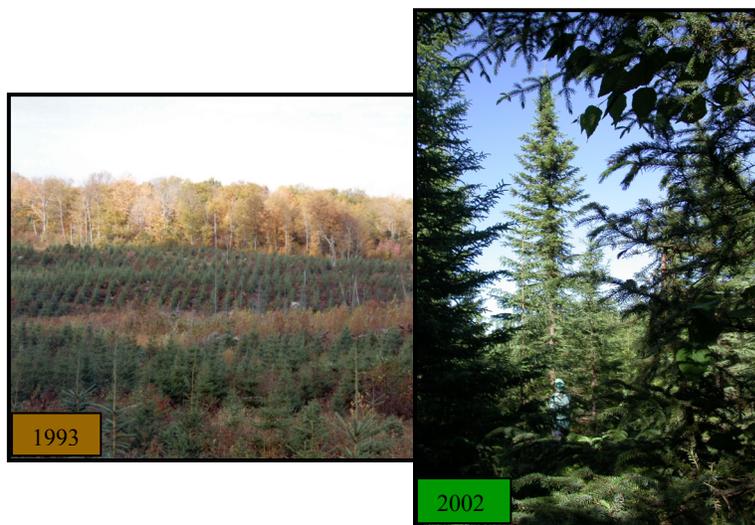


Figure 4. Test de descendance Brunet en 1993 et arbre-élite sélectionné dans ce test en 2002.

Lac Burne, établi en 1988, comprend 14 000 arbres de 350 familles. Les résultats de dix ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Mitchell-Lépine**. Une sélection de onze arbres-élites a été effectuée dans ce test en 2001 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Ouest).

Hackett, établi en 1989, comprend 11 200 arbres de 350 familles. Les résultats de dix ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Radnor**. Une sélection de treize arbres-élites a été effectuée dans ce test en 2002 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « B ».

Kaine, établi en 1989, comprend 11 776 arbres de 350 familles. Les résultats de dix ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Radnor**. Une sélection de treize arbres-élites a été effectuée dans ce test en 2002 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « B ».

Oléron, établi en 1989, comprend 11 296 arbres de 353 familles. Les résultats de dix ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Mitchell-Baskatong**.

Mitchell, établi en 1989, comprend 7 024 arbres de 353 familles. Les résultats de dix ans ont permis de faire l'éclaircie du verger à graines **Mitchell-Baskatong**. Une sélection de sept arbres-élites a été effectuée dans ce test en 1998 pour mettre en place un nouveau verger à graines et deux tests clonaux pour la zone « A » (Est).

4- Tests clonaux pour le développement d'une deuxième génération

Les tests clonaux sont constitués d'arbres issus du bouturage des arbres-élites identifiés précédemment. Donc, pour un même groupe d'arbres, le matériel est génétiquement identique contrairement aux descendance, dont le groupe est constitué d'individus issus de la même « mère » mais pas nécessairement du même « père ». Ces dispositifs serviront à certifier le classement des arbres-élites sélectionnés dans différentes séries de tests, à guider la récolte de semences du verger clonal, constitué des mêmes individus, et à élaborer le plan de croisements conduisant à la prochaine génération. On retrouve en Mauricie et dans les Laurentides deux de ces tests ainsi qu'un parc à clones regroupant l'ensemble des arbres sélectionnés dans les zones d'amélioration « A », « B », « C » et « D » :

Pépinière de Duchesnay, établi entre 1999 et 2003, le parc à clones comprend **2 000** arbres de 400 clones d'arbres-élites. Ils constituent la population d'amélioration des zones d'amélioration « A », « B », « C » et « D » (Figure 5). Ces arbres serviront à réaliser les croisements dirigés qui conduiront au développement d'une deuxième génération d'épinette noire améliorée.



Figure 5. Parc à clones de la pépinière de Duchesnay.

Villiers, établi en 2003, comprend 2 178 arbres de 115 clones. Le dispositif est destiné à certifier le classement des arbres-élites sélectionnés de la zone d'amélioration « A », et à identifier les clones les plus performants du verger à graines de la **pépinière de Grandes-Piles**.

Grandes-Piles, établi en 2004, comprend 1 079 arbres de 115 clones. Le dispositif est destiné à certifier le classement des arbres-élites sélectionnés de la zone d'amélioration « A », et à identifier les clones les plus performants du verger à graines de **Grandes-Piles**.

5. Multiplication végétative et embryogénèse somatique

De petites plantations de démonstration d'arbres issus d'embryogénèse somatique ont été réalisées au cours des années 1990 et 2000. Elles visent à démontrer, à titre expérimental, le développement normal des plants produits par embryogénèse somatique et multipliés par bouturage, et à mesurer les variations de croissance entre clones afin d'évaluer le potentiel de gain offert par la sélection de clones chez l'épinette noire.

Pépinière de Duchesnay, établis en 1997, 2000, et 2002, les tests comprennent 640, 741 et 525 arbres respectivement, de 16, 54 et 8 clones.

Pépinière de Grandes-Piles, établi en 2000, le test comporte 740 arbres de 54 clones.

Mentionnons finalement la présence du test **Montmorency**. Établi en 1999, il comprend 2 160 arbres de 30 provenances afférentes à l'aire de distribution de l'épinette noire au Québec. Il fait partie d'un dispositif de trois tests identiques, disposés selon un gradient latitudinal (les autres sont au nord-ouest du lac Saint-Jean et en Beauce), et dont le but est de préciser la délimitation de zones de déplacement des lots de semences. Les mesures de croissance et de phénologie réalisées au cours de la seconde et de la troisième saison de croissance ont contribué à la mise au point d'un outil informatique d'aide à la décision du transfert des lots de semences (Beaulieu *et al.* 2004).

Les résultats obtenus et projetés

La sélection des familles dans les tests de descendance et l'éclaircie des vergers à graines se sont achevées en 1999. Les mesures effectuées ont permis d'estimer le gain génétique associé à cette sélection pour chaque test (Figure 6) ou, le cas échéant, chaque série de tests constitués de matériel identique. Des données plus précises sur les gains seront obtenues des plantations expérimentales mises en place spécifiquement pour l'évaluation des « gains réels ».

Le tableau 1 indique que les gains associés à une première éclaircie apparaissent relativement modestes. Il s'agit en effet d'une première sélection, de faible intensité, et dont le gain est calculé avec l'ensemble des arbres-plus du test plutôt qu'en se servant du rendement réel des populations naturelles. Au tableau 2, on constate d'autre part qu'une sélection plus intense sur du matériel dont la qualité génétique est connue permet d'espérer une production de plants beaucoup plus performants de la part des vergers clonaux en cours d'établissement.

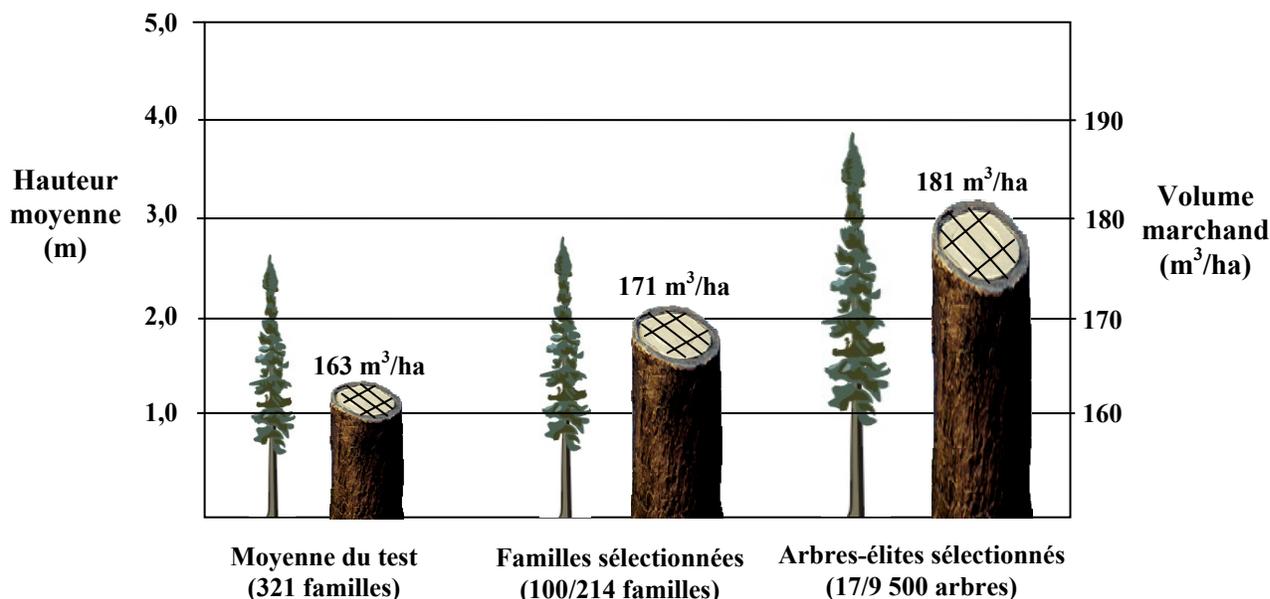


Figure 6. Hauteur moyenne de dix ans des arbres sélectionnés pour différentes intensités de sélection dans le test de descendance du canton Bickerdike et volume marchand correspondant, projeté à 35 ans pour un IQS de 10,0.

Tableau 1. Gain estimé en hauteur à dix ans et gain projeté¹ en volume marchand à 35 ans, obtenus avec les familles sélectionnées constituant la première génération d'épinette noire améliorée, en Mauricie et dans les Laurentides.

Verger à graines	Site des tests (Cantons)	Nb. total familles	Nb. familles sélectionnées	Gain estimé en hauteur (%)	Gain projeté en volume à 35 ans (m ³ /ha)
Chasseur	Bickerdike Lortie	321	100	5,9	7,6
Radnor	Kaine Hackett	347	163	4,2	4,8
Laviolette	Créquy Laviolette	336	1173 arbres	9,5	10,1
Léman	Brunet	360	50	8,0	9,6
Mitchell-Lépine	Lac Burne Lac Genest	347	100	4,4	7,0
Mitchell-Baskatong	Mitchell Oléron	352	118	6,5	10,2

¹ Valeurs obtenues des tables de rendement de Prégent *et al.* 1996, tenant compte de l'âge, de l'IQS des plantations et des arbres dominants.

Tableau 2. Gain estimé en hauteur à dix ans et gain projeté¹ en volume marchand à 35 ans, obtenus avec les arbres sélectionnés pour constituer une seconde génération d'épinette noire améliorée en Mauricie et dans les Laurentides.

Site du test (Canton)	Nombre total d'arbres	Nombre d'arbres sélectionnés	Gain estimé en hauteur (%)	Gain projeté en volume à 35 ans (m ³ /ha)
Bickerdike	9 500	17	16,7	17,7
Lortie	10 192	4	17,0	18,6
Créquy	10 752	13	14,0	11,6
Laviolette	10 752	6	14,6	15,6
Mitchell	7 024	7	31,0	31,4
Lac Genest	8 400	7	21,3	26,9
Lac Burne	14 000	11	20,9	29,9
Kaine	11 776	13	13,2	13,1
Hackett	11 200	13	13,4	14,3
Brunet	17 280	27	17,0	17,7
Mastigouche	3 180	5	14,4	18,4

¹ Valeurs obtenues des tables de rendement de Prégent *et al.* 1996, tenant compte de l'âge, de l'IQS des plantations et des arbres dominants.

Glossaire :

amélioration génétique - Science ou art de modifier la constitution génétique d'une population de plantes dans une direction donnée.

arbre-élite - Arbre dont la supériorité génétique a été prouvée par un test de descendance approprié.

bouture - Rameau détaché d'un pied-mère et employé pour produire une nouvelle plante du même génotype.

Clone - Ensemble d'individus génétiquement identiques (ramets), issus d'une même plante (ortet) par multiplication végétative.

croisement dirigé - Croisement artificiel de deux individus réalisé par l'intermédiaire de l'homme, par opposition au croisement libre ou par le vent.

test clonal - Plantation comparative permettant d'évaluer des individus multipliés végétativement, c'est-à-dire sous forme de clone.

test de descendance - Plantation établie selon un plan statistique approprié pour évaluer la valeur génétique de certains parents eu égard aux performances de leurs descendants.

Références bibliographiques :

BEAULIEU, J., M. PERRON and J. BOUSQUET. 2004. *Multivariate patterns of adaptive genetic variation and seed source transfer in Picea mariana*. Can. J. For. Res. **34** : 531-545

PRÉSENT, G., V. BERTRAND et L. CHARETTE, 1996. *Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'Épinette noire au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Mémoire de recherche forestière n° 118, 70 p.