

Avis technique

SGEF-28

Direction de la recherche forestière

Titre :	Sélection de clones d'épinette noire du verger de Grandes-Piles (secteur sud) en fonction de la croissance et de la qualité du bois
Auteur :	Mireille Desponts
Date :	Février 2023

Une méthode d'évaluation *in situ* de la qualité du bois (densité et module d'élasticité [MoE]) a été mise au point pour l'épinette noire. Des recommandations pour l'aménagement des vergers de clones sont maintenant produites à la suite du mesurage des tests composés des mêmes arbres sélectionnés, afin d'améliorer la croissance et la qualité du bois des plants de reboisement. Cet avis technique présente les résultats obtenus avec le test de clones Bouthillier, qui correspond au verger de Grandes-Piles et qui dessert la forêt décidue, en particulier le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune.

1. Contexte

En 2009 et en 2010, nous avons réalisé une étude dans 4 tests de descendances d'épinette noire âgés de 24 ans afin de préciser les paramètres génétiques de la densité et du MoE du bois. Nous avons aussi évalué des méthodes de mesures indirectes *in situ* afin de déterminer dans quelle mesure nous pouvions faire une sélection efficace en fonction de ces propriétés parmi un grand nombre d'arbres dans nos dispositifs expérimentaux.

Nos résultats ont démontré que l'héritabilité de la densité du bois évaluée avec le Pilodyn¹ est comparable à celle de la densité (masse volumique) mesurée sur des carottes de bois des mêmes arbres (Desponts *et al.* 2017). L'héritabilité du MoE, évalué à l'aide de mesures du temps de propagation acoustique (appareil Fakopp TreeSonic) combinées à celles du Pilodyn, est encore plus forte et montre des valeurs très stables d'un test de descendances à l'autre. De plus, les mesures de densité et de MoE obtenues *in situ* se sont avérées fortement corrélées à celles réalisées en laboratoire sur les carottes de bois.

¹ Le Pilodyn est un appareil à piston projetant une pointe d'acier avec une force constante. Il permet d'évaluer la résistance du bois au perçage par la mesure de la profondeur de pénétration.

En nous basant sur ces résultats, nous avons entrepris de mesurer la croissance et d'évaluer la qualité du bois des arbres âgés de 15 ans dans le test de clones Bouthillier associé au verger de clones de Grandes-Piles, qui dessert les sous-domaines bioclimatiques de l'érablière à bouleau jaune de l'Est et de l'Ouest, avec l'objectif d'effectuer une sélection tenant compte de l'ensemble de ces caractères.

2. Méthodologie

Le test comportait 99 clones dans 10 blocs aléatoires complets avec 2 arbres par parcelle. Tous les arbres ont été mesurés dans tous les blocs du test.

En plus de mesurer la hauteur et le diamètre à hauteur de poitrine (DHP, mesuré à 1,3 m du sol), nous avons pris 3 mesures avec le Pilodyn et 6 lectures de vitesse de propagation acoustique (appareil Fiber-gen Director ST300) sur un arbre de chaque parcelle dans 8 blocs, afin d'évaluer le module d'élasticité ($MoE = (Vitesse/100)^2 / Pilo \times 10$). Pour classer les clones, nous avons analysé les données selon la procédure habituelle pour les tests de descendance, c'est-à-dire une analyse de variance qui détermine les meilleures prédictions linéaires non biaisées (BLUP, pour *best linear unbiased prediction*) pour chacun des clones du test. Les résultats présentent, pour chaque clone, l'estimation correspondant à l'écart avec la moyenne de la population lorsque celle-ci est fixée à 0. Dans un test de descendance, cette estimation correspond à la valeur en croisement. Même si la correspondance n'est pas la même dans un test de clones, cette méthode demeure la plus appropriée pour leur classement. Afin d'évaluer la justesse de la valeur moyenne obtenue, nous avons aussi calculé l'héritabilité au sens large, qui mesure la concordance (*repeatability*) des valeurs obtenues pour un clone donné.

3. Résultats

Un premier survol des résultats indique que l'on peut obtenir un gain maximal en sélectionnant les clones en fonction du MoE (tableau 1). L'héritabilité pour cette variable est nettement plus grande que celle des variables de croissance ($H_C^2 = 0,50$ pour le MoE, comparativement à 0,12 pour la hauteur et 0,14 pour le DHP). Même si l'héritabilité est encore plus grande pour la vitesse acoustique ($H_C^2 = 0,62$), les valeurs moyennes des clones varient davantage pour le MoE (coefficient de variation [CV] = 16,6 %) que pour la vitesse acoustique (CV = 8,3 %), ce qui augmente le gain à espérer avec le MoE. L'héritabilité des valeurs obtenues avec le Pilodyn ($H_C^2 = 0,31$) est mitoyenne entre celles du MoE et de la vitesse acoustique, d'une part, et celles des mesures de croissance, d'autre part. Les valeurs moyennes obtenues avec le Pilodyn varient peu entre les clones.

Tableau 1. Moyenne ajustée, minimum et maximum, coefficient de variation intraclonale moyen (CV) et héritabilité au sens large (H_C^2) pour la hauteur, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP), la vitesse acoustique (V_{dir}), la densité (Pilodyn) et le module d'élasticité (MoE) mesurés à 16 ans dans le test de clones de Bouthillier.

Variable	Moyenne ajustée	Minimum	Maximum	CV (%)	H_C^2
Hauteur (m)	5,0	4,2	6,0	7,2	0,12
DHP (cm)	6,1	4,7	8,0	11,9	0,14
V_{dir} *(km/s)	3,0	2,5	3,6	8,3	0,62
Pilodyn (mm)	21,3	17,6	25,3	6,2	0,31
MoE _{dir+pil} (GPa)	4,3	3,0	6,5	16,6	0,50

* Vitesse de propagation longitudinale d'une onde acoustique dans le tronc des arbres.

Ajoutons que le MoE est faiblement corrélé à la croissance en hauteur (tableau 2), ce qui indique qu'une sélection favorisant le MoE (qui intègre la densité et la vitesse acoustique) aura peu d'effet sur ce caractère. Cependant, cette sélection est susceptible de réduire le DHP, puisque le MoE est corrélé significativement et négativement au DHP. Conséquemment, dans un contexte de sélections simultanées pour la croissance et la qualité du bois, il nous paraît préférable d'effectuer le classement en fonction de la vitesse acoustique, qui démontre une corrélation très faible avec les 2 caractères de croissance.

Tableau 2. Coefficient de corrélation de rang de Pearson entre les variables mesurées (valeurs de p entre parenthèses).

Variable	DHP	V_{dir}	Pilodyn	MoE _{dir+pil}
Hauteur	0,89442 ($< 0,0001$)	-0,00655 (0,9489)	-0,36432 (0,0002)	-0,17116 (0,0920)
DHP		-0,14104 (0,1660)	-0,37259 (0,0002)	-0,31350 (0,0015)
V_{dir}			-0,12263 0,2290	0,85904 ($< 0,0001$)
Pilodyn				0,32322 (0,0012)

4. Scénarios envisagés

Les clones ont été représentés sur un graphique en fonction de leur valeur estimée par les BLUP pour la hauteur moyenne et la vitesse acoustique (V_{dir} , figure 1). Dans le quadrant supérieur droit, un groupe de 7 clones se distingue par sa supériorité à la moyenne de la population pour ces 2 variables. Les individus de ce groupe combinent un écart de sélection de 13,3 % pour la vitesse acoustique, de 9,7 % pour la hauteur et de 21,4 % pour le MoE (tableau 3). Ce groupe est cependant trop petit pour assurer une production de semences suffisamment diversifiée.

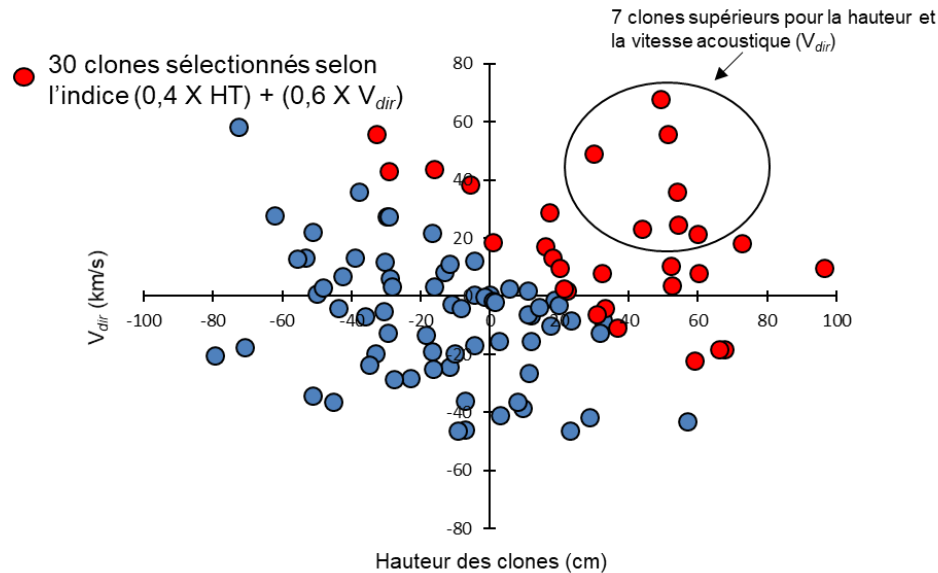


Figure 1. Graphique de l'estimation de l'écart avec la moyenne de la population des clones d'épinette noire pour la hauteur moyenne en fonction de l'estimation (BLUP : meilleures prédictions linéaires non biaisées) et de l'écart avec la moyenne de la population pour la vitesse acoustique (V_{dir}).

Tableau 3. Écarts de sélection obtenus pour diverses variables en fonction de différents scénarios de sélection de clones.

Scénario	Écart de sélection (%)				
	Hauteur	DHP	V_{dir}	Pilodyn	MoE _{dir+pil}
Croisements entre les 7 meilleurs clones sélectionnés sur la base de la hauteur et de la V_{dir}	9,7	11,3	13,3	2,5	21,4
Croisements entre les 30 meilleurs clones : Indice $(0,4 \times HT) + (0,6 \times V_{dir})$	6,9	9,7	5,9	3,4	6,4
Croisements entre les 30 meilleurs clones : Indice $(0,6 \times HT) + (0,4 \times V_{dir})$	8,3	11,9	3,3	2,8	2,3
Éclaircie des 30 moins bons clones : Indice $(0,4 \times HT) + (0,6 \times V_{dir})$	2,4	2,7	3,1	0,8	4,6

Afin de sélectionner un plus grand nombre de clones (soit le tiers supérieur des clones de la population), nous avons utilisé la méthode de la sélection indicée pour maximiser l'écart de sélection en fonction de 2 paramètres pris en compte simultanément. Pour ce faire, nous avons attribué un poids différent aux valeurs des 2 variables (par exemple, 0,4 pour la hauteur et 0,6 pour la V_{dir}). L'exercice a aussi été effectué avec la hauteur et le MoE. En calculant l'écart total de sélection obtenu, nous avons pu déterminer le groupe de clones à retenir pour maximiser le gain pour les 2 paramètres².

Dans le cas présent, c'est en donnant un poids de 0,4 à la hauteur et de 0,6 à la V_{dir} que l'on obtient un écart maximal de 6,9 % pour la hauteur et de 6,4 % pour le MoE, pour un total de 13,3 % (tableau 3). Avec des poids de 0,6 pour la hauteur et de 0,4 pour la V_{dir} , on observe une perte de gain important pour le MoE et une faible augmentation du gain pour la croissance en hauteur, pour atteindre des écarts respectifs de 2,3 % et 8,3 %, pour un total de 10,6 %. Dans un scénario d'éclaircie du verger où l'on enlèverait le tiers inférieur des clones en fonction des mêmes critères pondérés, on obtiendrait un écart de sélection de 2,4 % pour la hauteur et de 4,6 % pour le MoE.

5. Recommandations

Dans l'ensemble, il serait plus profitable de sélectionner prioritairement les clones d'épinette noire dans le verger de Grandes-Piles en fonction de la vitesse acoustique et du MoE (d'autant plus que cette variable intègre la densité estimée par le Pilodyn), tout en tenant compte de la croissance en hauteur. Ce classement doit malgré tout être utilisé avec prudence et discernement afin d'éviter de retenir des clones au comportement atypique.

Bien que le gain à espérer se révèle relativement faible dans le cas présent, la hauteur moyenne des arbres demeure un critère de sélection utile, puisque la population ne compte qu'une centaine de clones d'arbres-élites qui ont déjà tous montré un fort potentiel de croissance juvénile en test de descendances. Malgré le gain moyen assez faible en hauteur, certains de ces clones dépassent la moyenne de la population par 50 cm, ce qui n'est pas négligeable.

Pour conclure, puisque l'objectif fixé était de réaliser un premier « filtrage » des arbres sélectionnés en fonction des propriétés du bois, nous croyons que nous avons avantage à maximiser le gain pour le MoE, ce qui entraîne une légère augmentation ou le maintien de la densité moyenne du bois de la population.

² La liste des clones recommandés à l'issue de cette analyse n'est pas publique. Elle a été remise à la Direction générale de la production des semences forestières et des plants du ministère des Ressources naturelles et des Forêts, soit l'entité responsable de gérer les vergers à graines et de réaliser les croisements dirigés pour les essences de reboisement au Québec.

6. Référence

Desponte, M., M. Perron et J. DeBlois, 2017. *Rapid assessment of wood traits for large-scale breeding selection in Picea mariana [Mill.] B.S.P.* Ann. For. Sci. 74: 53. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0646-x>.

Mireille Desponte, biologiste, *Ph. D.*

Service de la génétique et de l'écologie forestière

Correspondance :

Mireille Desponte
Ministère des Ressources naturelles et des Forêts
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein, bureau B.1.125
Québec (Québec) G1P 3W8
Tél. : 418 643-7994 poste 706567
Courriel : mireille.desponte@mffp.gouv.qc.ca

On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence. Citation recommandée :

Desponte, M. 2022. *Sélection de clones d'épinette noire du verger de Grandes-Piles (secteur sud) en fonction de la croissance et de la qualité du bois*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et des Forêts, Direction de la recherche forestière. Avis technique SGEF-28. 6 p.