

Titre :	Évaluation des tables de rendement pour les plantations d'épinette blanche au Québec
Responsables :	Isabelle Auger, stat. ASSQ, M. Sc. et Hugues Power, ing.f., Ph. D.
Date :	Mai 2021

Les courbes de rendement utilisées par le Bureau du forestier en chef (BFEC) pour les plantations monospécifiques d'épinette blanche âgées jusqu'à 60 ans s'appuient sur les travaux de Prément et al. (2010). Au-delà de cet âge, elles sont extrapolées. Nous avons comparé les courbes de rendement utilisées par le BFEC aux données des réseaux du suivi des plantations de la Direction de la recherche forestière (DRF) pour déterminer si elles sont adéquates.

1. Contexte

Les tables de rendement des plantations monospécifiques d'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss; EPB) présentement utilisées par le Bureau du forestier en chef (BFEC) ont été élaborées à partir des modèles de Prément *et al.* (2010), entre autres. Ces modèles fournissent des prévisions adéquates de l'état futur des plantations âgées jusqu'à 60 ans. Pour obtenir des prévisions au-delà de cet âge, le BFEC a développé une approche pour extrapoler les tables de rendement construites à partir des modèles de Prément (Poulin 2013).

À la demande du BFEC, nous avons utilisé les données des placettes des réseaux du suivi des plantations de la Direction de la recherche forestière (DRF) pour évaluer si les tables de rendement d'EPB dont il se sert sont adéquates. Ces réseaux comptent maintenant deux mesurages quinquennaux de plus que ce qui a été utilisé dans Prément *et al.* (2010), ce qui permet d'évaluer les tables de rendement sur une plus longue période de temps qu'auparavant.

2. Méthodologie

2.1. Données

Nous avons utilisé les tables de rendement en plantation d'EPB présentement utilisées par le BFEC pour le calcul des possibilités forestières (Poulin 2013). Ces dernières sont obtenues par une régression

On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence
© Gouvernement du Québec

polynomiale basée sur les prévisions obtenues avec les modèles de Prigent *et al.* (2010) jusqu'à 60 ans et pour la suite, sur des hypothèses provenant du manuel d'aménagement forestier (MRN 1998, cité dans Poulin 2013). Ces régressions sont effectuées pour le volume marchand brut (VMB), le volume moyen par tige (VT), le diamètre moyen quadratique (DMQ), la hauteur dominante (HD, soit la hauteur moyenne des 100 plus grands arbres plantés à l'hectare) et l'accroissement annuel moyen (AAM). Le nombre d'arbres marchands (N) est calculé à partir du VMB et du VT, et la surface terrière marchande (ST), à partir du N et du DMQ (Poulin 2013). Les tables de rendement utilisées par le BFEC sont disponibles pour les densités de reboisement de 1 600 et 2 000 plants/ha de même que pour les classes d'indice de qualité de station (IQS; hauteur dominante à 25 ans) de 5 à 11 m. Les courbes pour l'AAM ne sont pas disponibles.

Pour évaluer les tables de rendement, nous avons utilisé les données provenant de deux réseaux de placettes permanentes de la DRF pour le suivi des plantations :

- Le premier réseau contient des placettes permanentes installées de 1970 à 2015 dans des plantations d'EPB alors âgées de 8 à 52 ans. Jusqu'en 1994, les arbres plantés (vivants et morts) étaient dénombrés par classe de 2 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP; mesuré au compas forestier à une hauteur de 1,30 m). À partir de 1995, le DHP des arbres plantés était mesuré au galon circonférentiel, mais les arbres n'étaient pas numérotés. La végétation concurrente était évaluée par essence et par classe de pourcentage de recouvrement.
- Le deuxième réseau est celui du suivi des effets réels des plantations. Les placettes ont été installées de 1995 à 1999 dans des plantations âgées de 8 à 18 ans. Elles étaient mesurées en moyenne tous les 5 ans. Tous les arbres y sont numérotés, peu importe l'essence, et leur DHP est mesuré au galon circonférentiel.

Les placettes que nous avons retenues pour l'évaluation devaient répondre aux critères suivants :

- Elles devaient avoir été établies sur une superficie suffisamment grande et être entourées d'au moins deux rangées d'arbres plantés.
- L'essence plantée devait représenter au moins 75 % de la ST totale.
- L'essence plantée devait occuper presque entièrement l'étage dominant.
- La plantation devait être composée de plants libres de croître lors de l'établissement de la placette.
- La plantation ne devait avoir bénéficié d'aucune éclaircie commerciale et ne pas avoir été fertilisée.
- L'année d'établissement de la plantation et l'espacement initial entre les plants devaient être connus.
- Les données de la placette devaient inclure au moins un mesurage avec une ST totale en EPB plantée de 1 m²/ha ou plus.

Parmi les placettes disponibles, 317 répondaient aux critères de sélection, soit 233 provenant du premier réseau et 84 provenant du réseau des effets réels. La plantation la plus âgée avait 59 ans au dernier mesurage. Nous avons d'abord estimé la hauteur et le volume marchand (volume jusqu'à un diamètre au fin bout de 9 cm) de chacun des arbres avec les équations de Prégent *et al.* (2010), après avoir vérifié que les équations étaient toujours adéquates. Ensuite, nous avons calculé la HD des placettes à partir de la hauteur mesurée des études d'arbres. Nous avons aussi estimé l'IQS avec la relation âge-HD de Prégent *et al.* (2010). Par la suite, pour chaque placette par mesurage, nous avons additionné les arbres marchands (c'est-à-dire ceux ayant un DHP de plus de 9 cm) pour obtenir le N, la ST et le VMB. Finalement, nous avons calculé le DMQ à partir du N et de la ST, et le VT à partir du VMB et du N.

2.2. Méthodes

Nous avons comparé graphiquement les courbes de rendement utilisées par le BFEC aux segments d'évolution des placettes. Pour faciliter la comparaison, nous avons ajouté la courbe moyenne d'évolution des placettes avec un intervalle de confiance à 95 %, en utilisant la fonction ggplot de la librairie ggplot2 (Wickham 2016) du logiciel R (version 4.0.2), avec l'énoncé `geom_smooth` et la méthode `loess`. Nous avons effectué les comparaisons par classe d'IQS pour le VMB, la ST, le N, le DMQ, le VT et la HD. Puisque le DMQ, le N et le VT sont corrélés avec la densité de reboisement, nous n'avons retenu, pour ces 3 caractéristiques, que les 112 placettes situées dans des plantations dont la densité de reboisement était plus faible que 2 750 plants/ha (soit la densité maximale acceptée pour un reboisement jusqu'en 1998; MFO 1992). Pour la HD, le VMB et la ST, nous avons utilisé l'ensemble des placettes, puisque ces caractéristiques sont peu influencées par la densité de reboisement (Thiffault *et al.* 2013).

Nous n'avons pas évalué les courbes utilisées par le BFEC pour la densité de reboisement de 1 600 plants/ha, puisque très peu de placettes étaient situées dans des plantations établies à si faible densité. De plus, comme il n'y avait que 8 placettes avec une classe d'IQS de 5 m ou 6 m, nous n'avons pas évalué les courbes utilisées par le BFEC pour ces classes d'IQS. Finalement, puisque les tables de rendement utilisées par le BFEC ne sont disponibles que pour une classe maximale d'IQS de 11 m, nous n'avons pas utilisé les 75 placettes dont la classe d'IQS était de 12 m ou de 13 m. Tout cela nous a laissé 234 placettes pour l'évaluation, soit 31, 32, 46, 61 et 64 placettes pour les classes d'IQS de 7, 8, 9, 10 et 11 m, respectivement (tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des placettes utilisées (n = 234 placettes).

Caractéristique	Minimum	10 ^e percentile	Moyenne	90 ^e percentile	Maximum
Densité de reboisement (plants/ha)	796	2 100	2 917	4 200	7 750
Indice de qualité de station (m)	6,5	7,4	9,5	11,2	11,5
Âge au premier mesurage (ans)	8	13	21	33	52
Âge au dernier mesurage (ans)	8	14	28	43	59

3. Résultats et discussion

Les courbes de rendement utilisées par le BFEC pour la classe d'IQS de 7 m surestiment l'ensemble des caractéristiques étudiées, sauf la HD (figures 1 à 3). En particulier, à 30 ans, la surestimation est d'environ de 25 m³/ha pour le VMB, de 10 m²/ha pour la ST, de 875 arbres/ha pour le N, de 1,5 cm pour le DMQ et de 15 dm³/tige pour le VT. Une translation de 5 ans des courbes utilisées par le BFEC pour la classe d'IQS de 7 m corrige cette surestimation (figure 4).

Les courbes de rendement en VMB utilisées par le BFEC semblent adéquates pour les classes d'IQS de 8 à 11 m (figure 1), malgré une légère sous-estimation d'environ 20 m³/ha à 40 ans pour les classes d'IQS de 10 et 11 m. Le faible nombre de placettes avec des âges plus grands que 40 ans pour les classes d'IQS de 8 et 9 m ne nous permet pas de nous prononcer sur ces courbes au-delà de cet âge. Puisque rien n'indique qu'il soit nécessaire de modifier les courbes du VMB des classes d'IQS de 8 à 11 m, nous recommandons de les utiliser telles quelles.

Les courbes utilisées par le BFEC pour les classes d'IQS de 10 et 11 m surestiment légèrement le VT (d'environ 25 dm³/tige à 40 ans; figure 1). Elles sous-estiment le N à 40 ans d'environ 450 arbres/ha pour la classe d'IQS de 10 m et de 275 arbres/ha pour celle de 11 m (figure 2). Nous expliquons ce résultat par le fait que ces courbes sont calculées à partir de celles du VMB (légèrement sous-estimé) et du VT (surestimé). Toujours pour les classes d'IQS de 10 et 11 m, elles surestiment légèrement le DMQ d'environ 1,25 cm à 40 ans (figure 2). La courbe utilisée par le BFEC sous-estime aussi la ST d'environ 5 m²/ha à 40 ans (figure 3), puisqu'elle est calculée à partir de celles du N et du DMQ et que la surestimation du DMQ ne compense pas tout à fait la sous-estimation du N. Quant aux courbes du VT, du N, de la ST et du DMQ des classes d'IQS de 8 à 11 m, nous jugeons qu'il n'est pas nécessaire de les modifier, étant donné la façon dont elles sont calculées, le peu de placettes situées dans des plantations avec des densités de reboisement inférieures à 2 750 plants/ha, l'influence directe de la densité de reboisement sur les valeurs de VT, N et DMQ (Thiffault *et al.* 2013) et les écarts entre la courbe de ST et celles des placettes. Les courbes de HD utilisées par le BFEC sont adéquates (figure 3). Par contre, le manque de données nous a empêchés d'évaluer le plateau imposé à la courbe.

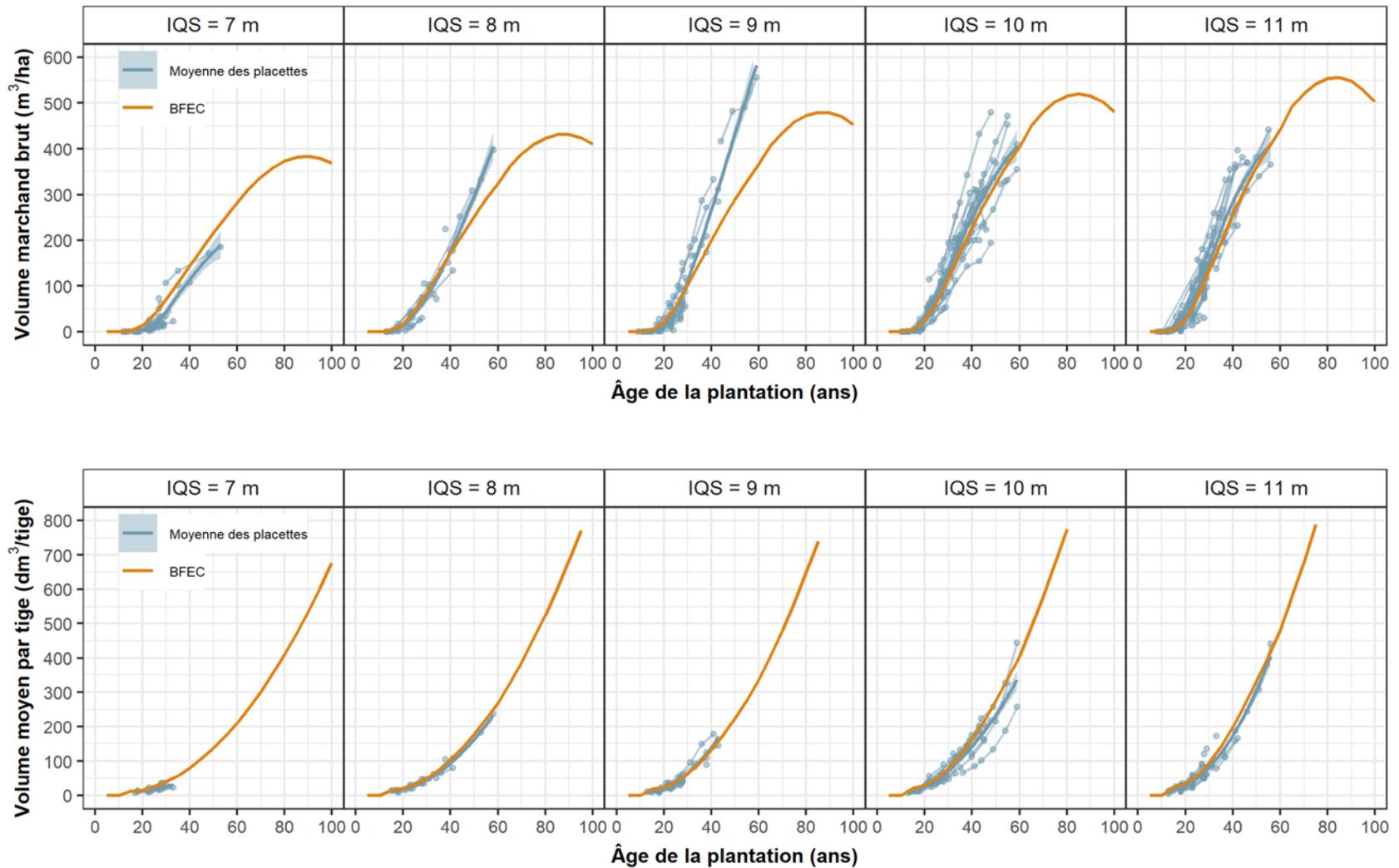


Figure 1. Comparaison de l'évolution des placettes et des courbes utilisées par le BFEC (densité de reboisement de 2 000 plants/ha) pour le volume marchand brut et en volume moyen par tige, par classe d'indice de qualité de station (IQS).

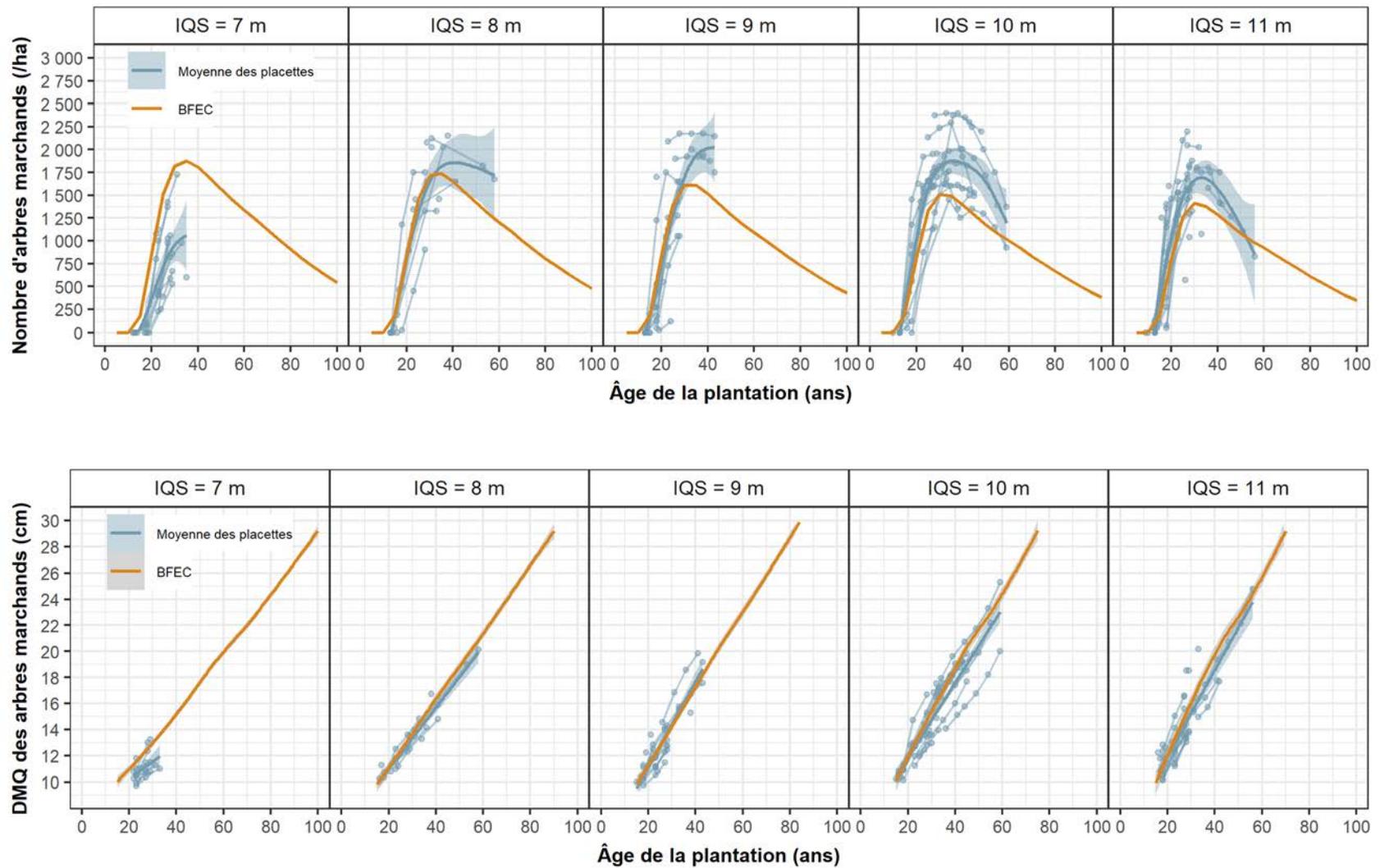


Figure 2. Comparaison de l'évolution des placettes et des courbes utilisées par le BFEC (densité de reboisement de 2000 plants/ha) pour le nombre d'arbres marchands et le diamètre moyen quadratique (DMQ) des arbres marchands, par classe d'indice de qualité de station (IQS).

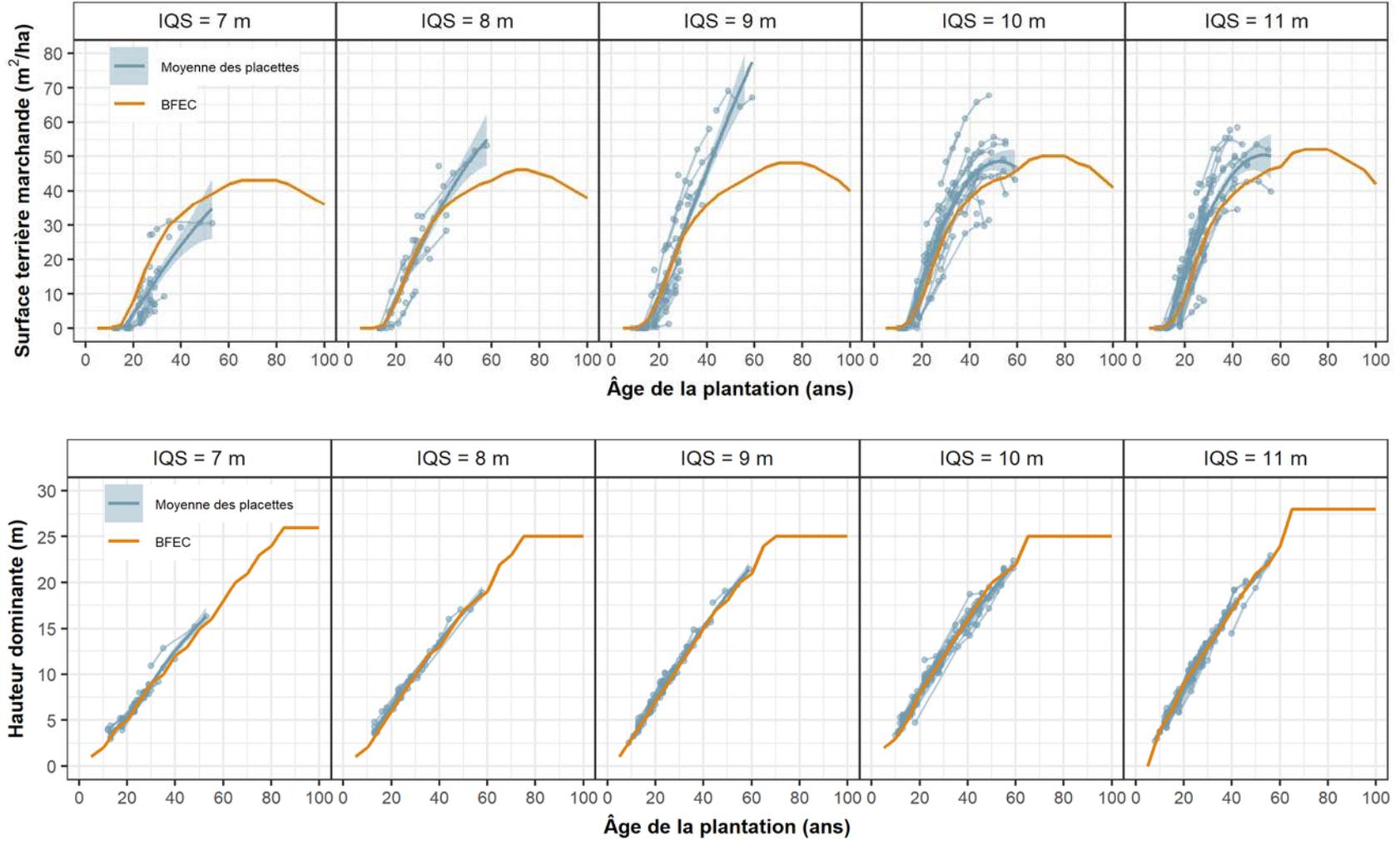


Figure 3. Comparaison de l'évolution des placettes et des courbes utilisées par le BFEC (densité de reboisement de 2 000 plants/ha) pour la surface terrière marchande et la hauteur dominante, par classe d'indice de qualité de station (IQS).

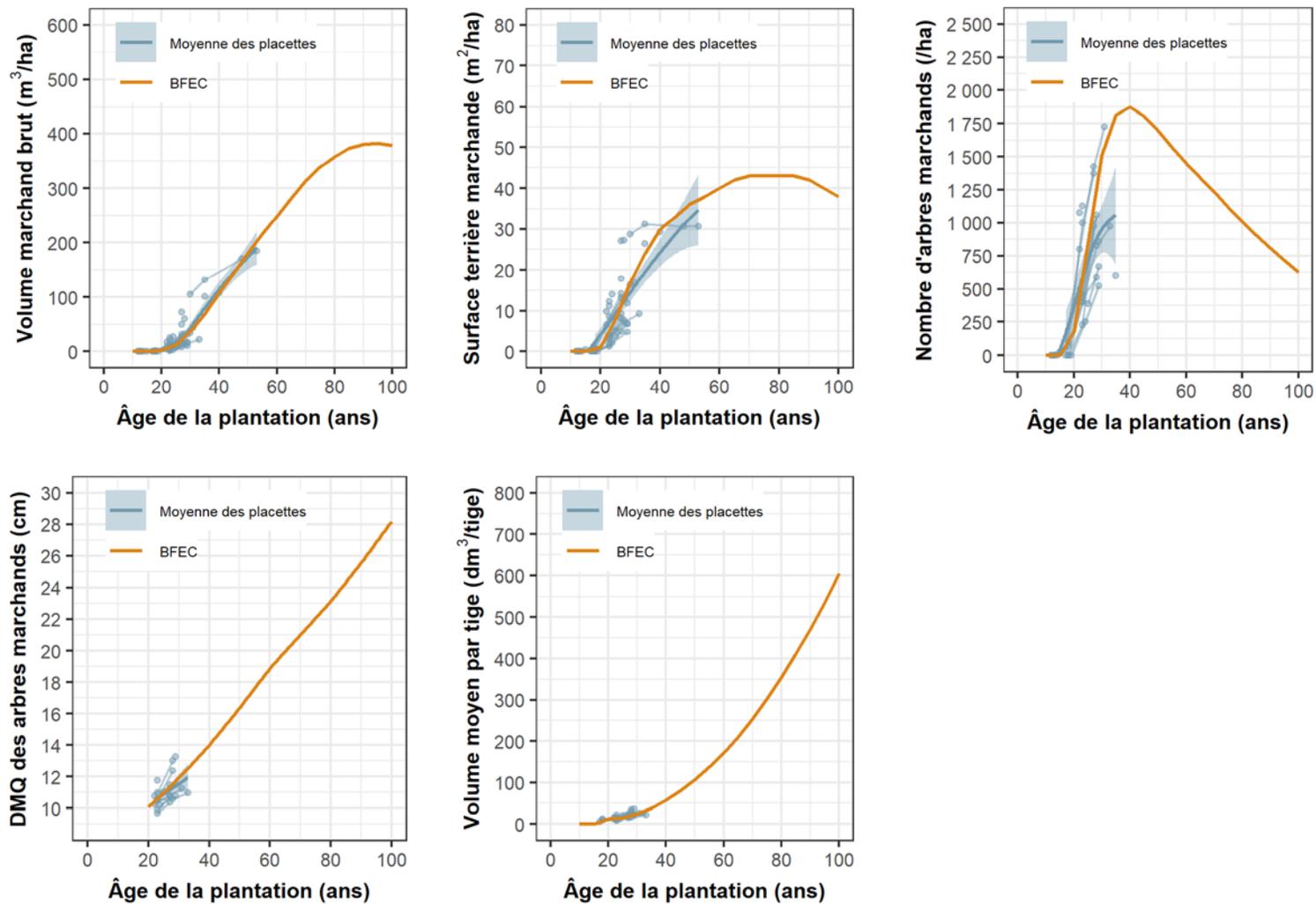


Figure 4. Comparaison de l'évolution des placettes et des courbes de rendement utilisées par le BFEC après une translation de 5 ans (densité de reboisement de 2 000 plants/ha) pour le volume marchand brut, la surface terrière, le nombre d'arbres à l'hectare, le diamètre moyen quadratique (DMQ) des arbres marchands et le volume moyen par tige, dans la classe d'IQS de 7 m.

4. Conclusion et recommandations

Nous avons comparé les courbes de rendement utilisées par le BFEC pour les plantations d'EPB avec les segments d'évolution des placettes des réseaux du suivi des plantations de la DRF. Nous recommandons de translater de 5 ans les courbes de rendement de la classe d'IQS de 7 m utilisées par le BFEC pour le VMB, la ST, le N, le VT et le DMQ. Les courbes de rendement des classes d'IQS de 8 à 11 m utilisées par le BFEC peuvent continuer à être utilisées telles quelles, tout comme celles de la HD. Elles devront être évaluées de nouveau lorsque la DRF produira de nouvelles tables de rendement pour les plantations d'EPB.

Isabelle Auger, stat. ASSQ, M. Sc.

Service du soutien scientifique

Hugues Power, ing.f., Ph. D.

Service de la sylviculture et du rendement des forêts

5. Références

- [MFO] Ministère des Forêts, 1992. *Manuel d'aménagement forestier, 2^e édition*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts.
- Poulin, J., 2013. *Création des courbes d'évolution — Calcul des possibilités forestières 2013-2018*. Bureau du forestier en chef, Roberval, Québec, 53 p. https://forestierenchef.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2012/12/BFEC_CreationCourbes.pdf
- Prégent, G., G. Picher et I. Auger, 2010. *Tarif de cubage, tables de rendement et modèles de croissance pour les plantations d'épinette blanche au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 160. 73 p. <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Pregent-Guy/Memoire160.pdf>
- Thiffault, N., V. Roy, J. Ménérier, G. Prégent et A. Rainville, 2013. « Chapitre 11 — La plantation ». Dans : Ministère des Ressources naturelles (édit.), *Le guide sylvicole du Québec, Tome 2 — Les concepts et l'application de la sylviculture*. Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier. Les Publications du Québec, Québec, QC. p 197-226.
- Wickham, H., 2016. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer International Publishing New York, NY (États-Unis). 213 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>