

GUIDE

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE



Application des modèles de croissance internodale variable au Québec

Daniel Mailly

GUIDE

DIRECTION DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE

Application des modèles de croissance internodale variable au Québec

Daniel Mailly, ing. f., *Ph.D.*, MBA

Le fichier PDF du Guide est disponible à l'adresse Internet suivante :
www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mailly-Daniel/Guide-application-2014.pdf

On peut citer ce texte en indiquant la référence.

Citation recommandée :

Mailly, D., 2014. *Application des modèles de croissance internodale variable au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Guide, 30 p.

Direction de la recherche forestière

2700, rue Einstein

Québec (Québec) G1P 3W8

Tél. 418 643-7994

Télé. 418 643-2165

recherche.forestiere@mrn.gouv.qc.ca

www.mrn.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche

© Gouvernement du Québec

Ministère des Ressources naturelles, 2014

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2014

ISBN 978-2-550-70001-2 (Imprimé)

ISBN 978-2-550-70002-9 (PDF)

Résumé

Les modèles de croissance internodale variable sont très utiles en foresterie, car ils permettent d'estimer avec précision l'indice de qualité de station (IQS) des jeunes peuplements forestiers. Depuis peu, ils sont disponibles au Québec pour quatre essences commerciales : l'épinette blanche, l'épinette noire, le sapin baumier et le pin gris. Ce guide fournit des informations pratiques relatives à l'application de la méthode sur le terrain et à l'utilisation de ces modèles pour estimer l'IQS. Des exemples concrets sont également fournis afin d'aider au calcul de l'IQS internodal à partir des données terrain et d'équations ou de tableaux prévisionnels. Avec ces informations en main, l'aménagiste forestier sera en mesure d'évaluer avec précision l'IQS des peuplements forestiers âgés de 50 ans et moins.

Mots-clés : croissance internodale variable, indice de qualité de station, jeunes peuplements, modèles, production forestière

Abstract

Variable growth intercept models are very useful in forestry to estimate the site index of young stands precisely. In Quebec, they have recently become available for four commercial species: white spruce, black spruce, balsam fir and jack pine. This guide provides practical information to facilitate both the application of this method in the field and the use of these models when estimating site index. Concrete examples are provided to help calculate site index from growth intercept data, models or tables. With this information, a forest manager will be able to estimate precisely the site index of stands younger than 50 years of age.

Keywords: forest production, models, site index, variable growth intercept, young stands

Table des matières

Résumé	i
Abstract	ii
Préambule	1
1. Rappel historique	2
2. Utilisation de la méthode de mesure de croissance internodale variable	4
3. Échantillonnage des placettes	4
4. Sélection de l'arbre-échantillon	4
5. Mesures à prendre sur les arbres-échantillons	6
5.1 Étapes sur le terrain	6
5.2 Correction de l'âge	7
6. Options avancées	8
6.1 Mesure de plus d'un arbre par placette	8
6.2 Détermination de l'âge par le dénombrement des verticilles	8
6.3 Estimation de l'IQS à partir de la croissance partielle	9
7. Détermination de l'IQS selon la méthode de mesure de croissance internodale variable	11
7.1 IQS internodal d'une placette à partir de l'équation	11
7.2 IQS internodal à partir d'un tableau prévisionnel	12
7.3 Calcul de l'IQS moyen pour un peuplement ou une strate	13
Conclusion	14
Remerciements	14
Références	15
Annexes – Tableaux pour estimer l'IQS à partir des modèles de croissance internodale variable	19
Tableau A1. Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour l' épinette blanche âgée de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m)	19
Tableau A2. Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour l' épinette noire âgée de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m)	20

Tableau A3.	Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour le pin gris âgé de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m)	21
Tableau A4.	Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour le sapin baumier âgé de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m)	22
Tableau A5.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour l' épinette blanche (âge à 1,0 m)	23
Tableau A6.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour l' épinette noire (âge à 1,0 m)	24
Tableau A7.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour le pin gris (âge à 1,0 m)....	25
Tableau A8.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour le sapin baumier (âge à 1,0 m)	26
Tableau A9.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour l' épinette blanche (âge à 1,3 m)	27
Tableau A10.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour l' épinette noire (âge à 1,3 m)	28
Tableau A11.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour le pin gris (âge à 1,3 m)....	29
Tableau A12.	Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour le sapin baumier (âge à 1,3 m)	30

Préambule

Le but de ce document est de fournir aux aménagistes forestiers l'information nécessaire pour qu'ils appliquent les modèles de croissance internodale variable présentement disponibles pour les principales essences forestières du Québec*. Ces modèles sont très utiles pour estimer l'indice de qualité de station (IQS) des jeunes peuplements forestiers. Cet indice réfère, pour une essence donnée, à la hauteur dominante atteinte à un âge prédéfini, généralement 50 ans; il permet de fixer les niveaux de productivité des stations, ou encore, de classer les peuplements selon leur potentiel (Rondeux, 1999). La mesure de la hauteur dominante moyenne repose sur la sélection des 100 plus gros arbres d'une même essence à l'hectare, sur la base de leur diamètre à hauteur de poitrine. Au Québec, l'âge des arbres sélectionnés est déterminé à la hauteur de référence de 1,0 m (MRNF 2013a, 2013b). Des estimations précises de l'IQS sont utiles pour :

- évaluer adéquatement la productivité des stations,
- planifier les traitements sylvicoles,
- établir les priorités en ce qui a trait au financement des divers traitements, et enfin
- prévoir la croissance en hauteur et le rendement des peuplements forestiers (Martin 1995).

* Ce document s'inspire librement d'un document similaire publié il y a quelques années pour l'utilisation des modèles de croissance internodale variable des essences forestières de la Colombie-Britannique (Martin 1995).

1. Rappel historique

Les premiers travaux concernant la méthode de mesure de croissance internodale *traditionnelle* remontent à 1937, et portent sur les pins du sud-est des États-Unis (Wakeley et Marrero 1958). Par la suite, la méthode a été utilisée à plusieurs endroits en Amérique du Nord pour des plantations forestières ou des peuplements naturels (ex. : Wiley 1951, Warrack et Fraser 1955, Alban 1972). Elle permet de relier l'IQS des peuplements forestiers à la moyenne des 5 premières années de croissance en hauteur visibles au-dessus de la hauteur de poitrine (1,3 m). Ce faisant, on élimine plusieurs détails associés à l'estimation de l'IQS, notamment la mesure de la hauteur totale des arbres, la mesure de l'âge des arbres, l'utilisation de courbes hauteur-âge, etc. Cependant, la méthode *traditionnelle* présente également certains inconvénients. Parmi ceux-ci, mentionnons la difficulté d'identifier l'emplacement exact de chaque verticille, de même que celle de distinguer les verticilles annuels de ceux de l'année courante, pour les essences sujettes aux phénomènes de débourrement hâtif ou de polycyclisme (Mailly et Gaudreault 2007). La méthode souffre également du fait que la croissance des 5 premières années au-dessus de 1,3 m n'est pas nécessairement caractéristique du potentiel de croissance à plus long terme d'une essence sur une station donnée.

En réponse à ces problèmes, les modèles de croissance internodale *variable* ont vu le jour en 1995, avec la publication des premières équations ajustées pour le pin tordu latifolié (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm) de la Colombie-Britannique (Nigh 1995). Par la suite, plusieurs autres modèles ont été rendus disponibles pour différentes essences canadiennes en Colombie-Britannique, en Ontario et au Québec (Tableau 1). On considère la méthode de mesure de croissance internodale *variable* beaucoup plus précise que la méthode *traditionnelle*, car elle prend en compte toute l'information de l'arbre (hauteur totale et âge total). Les modèles de croissance internodale *variable* possèdent plusieurs avantages pour l'estimation de l'IQS des jeunes peuplements forestiers :

- ils sont conçus spécialement pour l'estimation de l'IQS, et non de la hauteur;
- ils sont conçus expressément pour les jeunes peuplements;
- ils ne sont pas contraints de prendre la valeur de l'IQS à l'âge correspondant à cet indice, comme le sont généralement les modèles hauteur-âge;
- ils sont moins sensibles que les modèles hauteur-âge à de petites erreurs de mesure de la hauteur moyenne (Nigh 1996a, Mailly 2014).

Tableau 1. Modèles de croissance internodale *variable* disponibles au Canada, par essence et par province.

Essence	Nom latin	Type de forêt	Référence
Québec			
Épinette blanche	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	Naturelle	Mailly 2014
Épinette noire	<i>Picea mariana</i> (Mill.) B.S.P.	Naturelle	Mailly et Gaudreault 2005
Pin gris	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	Naturelle	Mailly et Gaudreault 2005
Sapin baumier	<i>Abies balsamea</i> L.	Naturelle	Mailly et Gaudreault 2005
Ontario			
Épinette noire	<i>Picea mariana</i> (Mill.) B.S.P.	Naturelle	Kwiaton et al. 2011
Pin gris	<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	Plantation, naturelle	Guo et Wang 2006
Colombie-Britannique			
Douglas bleu	<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i> (Beissn.) Franco	Naturelle	Nigh 1997c
Douglas vert	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco var. <i>menziesii</i>	Naturelle	Nigh 1997a
Épinette blanche	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	Naturelle	Nigh 2004
Épinette de la zone intérieure	<i>Picea engelmannii</i> var. <i>engelmannii</i> × <i>Picea glauca</i>	Naturelle	Nigh 1996a, 1999
Épinette de Sitka	<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	Naturelle	Nigh 1996b, 1999
Épinette noire	<i>Picea mariana</i> (Mill.) B.S.P.	Naturelle	Nigh et Klinka 2001
Mélèze de l'Ouest	<i>Larix occidentalis</i> Nutt.	Naturelle	Nigh et al. 1999
Pin ponderosa	<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex Lawson & C. Lawson	Naturelle	Nigh 2002
Pin tordu latifolié	<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> Engelm.	Naturelle	Nigh 1995, 1997b
Pruche de l'Ouest de la zone côtière	<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	Naturelle	Nigh 1996c, 1999
Pruche de l'Ouest de la zone intérieure	<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg.	Naturelle	Nigh 1998
Sapin gracieux	<i>Abies amabilis</i> (Douglas ex Loudon) Douglas ex J. Forbes	Naturelle	Nigh 2009
Thuja géant	<i>Thuja plicata</i> Donn ex D. Don	Naturelle	Nigh 2000

2. Utilisation de la méthode de mesure de croissance internodale variable

On peut utiliser la méthode de mesure de croissance internodale variable lorsque les conditions suivantes sont réunies :

- On désire estimer l'indice de qualité de station (IQS) d'un jeune peuplement forestier.
- Des modèles de croissance internodale sont disponibles. Au Québec, c'est le cas pour les essences commerciales suivantes : l'épinette blanche, l'épinette noire, le pin gris et le sapin baumier.
- La croissance en hauteur réalisée au-dessus de 1,0 m reflète la productivité de la station, c'est-à-dire que le peuplement n'a pas été affecté par des ralentissements de croissance tels que l'oppression juvénile, la défoliation par les insectes ou par des maladies, et n'a pas fait l'objet de traitements sylvicoles tels que l'éclaircie ou la fertilisation.
- Le peuplement a une densité supérieure à 500 tiges par hectare (tiges non marchandes et marchandes).
- Les arbres dominants ont de 3 à 50 ans à la hauteur de référence de 1,0 m.

3. Échantillonnage des placettes

L'utilisation de la méthode de mesure de croissance internodale variable requiert de déterminer au préalable, pour chaque strate, l'essence représentative servant au calcul de l'IQS. Pour ce faire, les placettes d'échantillonnage permanentes (MRNF 2013a) ou temporaires (MRNF 2013b) mesurées sur la base de plans de sondage et selon les normes d'inventaire forestier peuvent servir d'intrants à la détermination de l'IQS des jeunes peuplements forestiers. Lors de l'échantillonnage, il est recommandé d'identifier l'essence dominante à partir de l'inventaire du peuplement, puisque différentes essences peuvent avoir des IQS différents sur une même station. Les données de croissance internodale seront récoltées uniquement pour cette essence dominante (en considérant l'abondance). Si une essence donnée n'est pas dominante à l'intérieur d'une strate, il est inutile de recueillir des données de croissance internodale dans les placettes situées dans cette strate. Une estimation de l'IQS par la méthode de mesure de croissance internodale ne peut donc pas être obtenue dans ce cas.

4. Sélection de l'arbre-échantillon

Un arbre-échantillon doit être sélectionné à l'intérieur d'une placette de 100 m² (rayon de 5,64 m, figure 1). Cette placette peut être isolée ou centrée sur une autre de plus grande dimension, comme par exemple une placette conventionnelle d'inventaire forestier de 400 m² (rayon de 11,28 m).

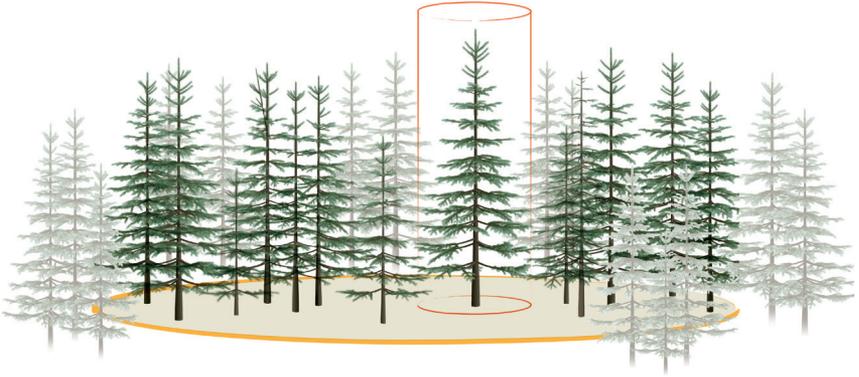


Figure 1. Échantillonnage d'un arbre dominant par placette de 100 m² (rayon de 5,64 m).

En général, la régénération préétablie, les arbres vétérans et les arbres résiduels ne constituent pas des arbres-échantillons acceptables. Les critères suivants doivent être respectés lors du choix de l'arbre (Figure 2) :

- Essence dominante (celle servant au calcul de l'IQS).
- Le plus gros diamètre à hauteur de poitrine (DHP, diamètre du tronc à une hauteur de 1,3 m) dans la placette.
- Âge de 3 à 50 ans à une hauteur de 1,0 m.
- Arbre de l'étage dominant ou codominant, et dont la croissance en hauteur n'est pas influencée par d'autres arbres ou par des arbustes.
- Tige vigoureuse avec un tronc droit sans défauts apparents.
- Tige avec une seule tête.
- Croissance en hauteur uniforme au-dessus de 1,0 m.
- Croissance radiale vigoureuse avec des accroissements annuels uniformes (à une hauteur de 1,0 m).
- Arbre sans carie.

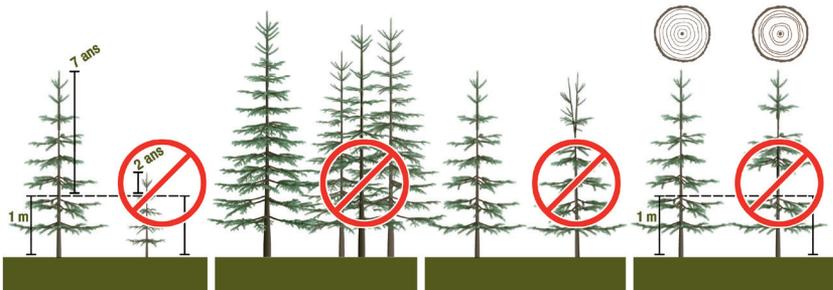


Figure 2. Caractéristiques recherchées pour les arbres-échantillons.

5. Mesures à prendre sur les arbres-échantillons

5.1 Étapes sur le terrain

Il y a 3 étapes à suivre pour recueillir des données servant à l'estimation de l'IQS des jeunes strates selon la méthode de mesure de croissance internodale variable (Figure 3) :

1. Mesurer la hauteur totale de l'arbre-échantillon sélectionné (du plus haut niveau du sol jusqu'à l'apex) avec un hypsomètre, un clinomètre, un galon à mesurer ou une tige graduée.
2. Déterminer l'âge de l'arbre à 1,0 m. Cette hauteur de référence est mesurée à partir du plus haut niveau du sol. Pour les arbres de faible diamètre, on peut sectionner l'arbre à 1,0 m et compter l'âge directement sur la section horizontale. Pour les arbres de fort diamètre, on prélève une carotte avec une sonde de Pressler. Dans ce cas, le cœur doit absolument être atteint. Pour les essences qui produisent systématiquement des verticilles annuels distincts* (épinette noire, épinette blanche, sapin baumier), l'âge peut être déterminé en dénombrant tous les verticilles se trouvant au-dessus de 1,0 m (voir la section 6.2 Détermination de l'âge par le dénombrement des verticilles).
3. Prendre note des données de croissance internodale mesurées sur l'arbre-échantillon de la placette : essence, hauteur totale et âge à 1,0 m.

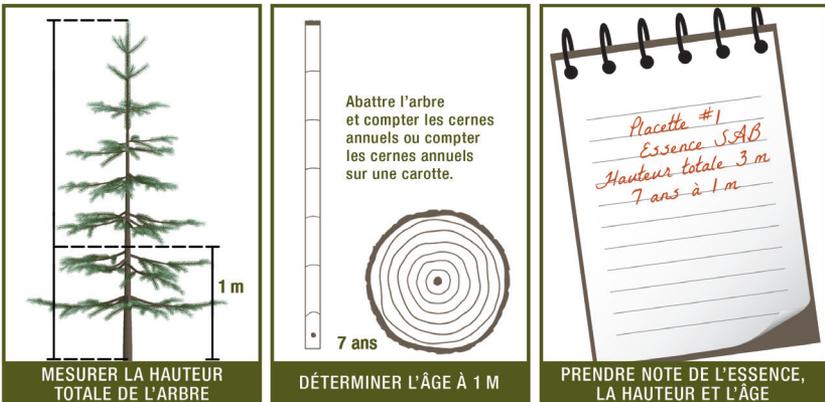


Figure 3. Données à récolter pour estimer l'IQS selon la méthode de mesure de croissance internodale.

* Dans le cas du pin gris, il faut se méfier du phénomène de polycyclisme, c.-à-d. de la mise en place de plusieurs pousses successives (verticilles) au cours d'une même année (voir à ce sujet Plourde 2007).

Idéalement, la prise des données de croissance internodale doit être effectuée lorsque les arbres ont terminé leur croissance annuelle (automne ou hiver). Toutefois, les données peuvent être prises à tout moment de l'année, en utilisant la croissance partielle des arbres (voir la section 6.3 – Estimation de l'IQS à partir de la croissance partielle).

5.2 Correction de l'âge

Si la placette comporte des arbres-échantillons qui respectent les critères de sélection, mais que ceux-ci ont tous eu une période de ralentissement de croissance juvénile, on peut tout de même utiliser ces arbres en procédant à une correction de leur âge*, en suivant les 4 étapes suivantes (Figure 4) :

1. Mesurer la longueur de la période d'oppression juvénile.
2. Reporter la longueur de la période d'oppression sur la période de croissance libre adjacente (sans oppression) et compter le nombre de cernes annuels (âge) sur cette longueur, ce qui donne «l'âge équivalent».
3. Compter l'âge de la période sans oppression.
4. Additionner l'âge sans oppression à «l'âge équivalent» pour obtenir l'âge corrigé de l'arbre.

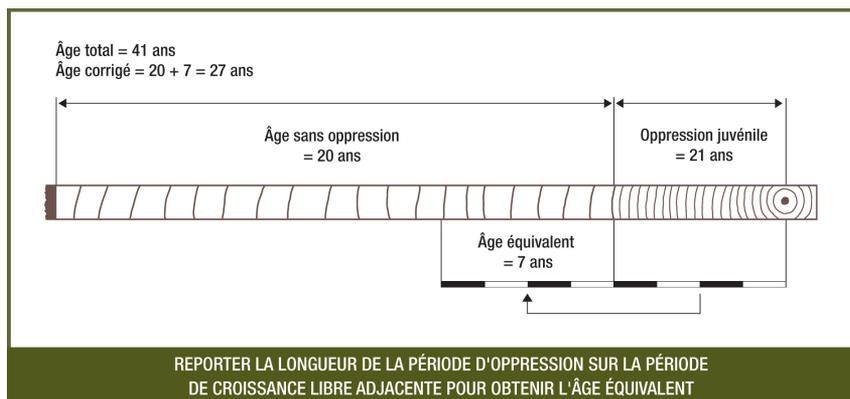


Figure 4. Méthode de correction de l'âge des arbres avec oppression juvénile.

* La méthode de correction proposée ne doit être utilisée qu'en dernier recours, lorsque des arbres-échantillons n'ayant pas subi de ralentissement de croissance en jeune âge ne sont à toutes fins utiles pas disponibles.

6. Options avancées

Une fois que les rudiments de la méthode de mesure de croissance internodale sont bien maîtrisés, les options avancées suivantes peuvent être considérées.

6.1 Mesure de plus d'un arbre par placette

Afin de réduire la variation entre les placettes, on peut décider d'augmenter leur dimension et ainsi mesurer plus d'un arbre-échantillon par placette (Tableau 2). Lorsque plus d'un arbre est mesuré, l'IQS est estimé pour chaque arbre, et la moyenne de l'IQS des arbres mesurés dans la placette est utilisée dans les calculs de productivité.

Tableau 2. Dimensions acceptables d'une placette pour les mesures de croissance internodale, et nombre d'arbres-échantillons correspondants.

Rayon de la placette (m)	Superficie de la placette (ha)	Nombre d'arbres-échantillons
5,64	0,01	1
7,99	0,02	2
9,74	0,03	3

6.2 Détermination de l'âge par le dénombrement des verticilles

Si l'essence servant au calcul de l'IQS produit des verticilles annuels distincts (épinette blanche, épinette noire, sapin baumier), il est possible de déterminer l'âge à la hauteur de 1,0 m en dénombrant les verticilles situés au-dessus de la hauteur de référence. Cette méthode ne doit être appliquée qu'avant le début de la saison de croissance (ou à sa toute fin), pour assurer que la croissance du dernier verticille soit complète. Parfois, des segments interverticilles semi-annuels, ou d'autres variations dans la croissance des branches, peuvent confondre le personnel d'inventaire et entraîner des erreurs dans la détermination de l'âge de l'arbre. Il est alors fortement recommandé de compter les cernes annuels plutôt que les verticilles pour déterminer l'âge à 1,0 m.

Pour les arbres-échantillons ayant 7 ans ou moins à la hauteur de 1,0 m, il est recommandé de dénombrer les verticilles, lorsque possible, afin de confirmer l'âge obtenu par le dénombrement des cernes annuels. L'âge à la hauteur de 1,0 m peut être déterminé en dénombrant le nombre de verticilles annuels au-dessus de cette hauteur de référence et en ajoutant 1 an (pour tenir compte du verticille annuel à l'intérieur du bourgeon terminal, figure 5). La forme des branches individuelles formant un verticille aidera à distinguer ces derniers des interverticilles et des branches semi-annuelles.

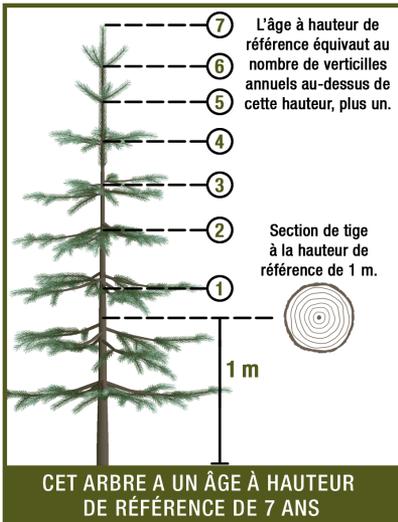


Figure 5. Détermination de l'âge d'un arbre par le décompte des verticilles annuels.

6.3 Estimation de l'IQS à partir de la croissance partielle

Si l'essence servant au calcul de l'IQS produit des verticilles annuels distincts (épinette blanche, épinette noire, sapin baumier), il est possible d'estimer l'IQS à partir d'une portion de la croissance en hauteur de l'arbre. Cette méthode s'applique donc aux cas où les mesures sont prises durant la saison de croissance, lorsque la pousse terminale de l'arbre n'a pas entièrement complété sa croissance annuelle. Elle ne doit être utilisée que lorsqu'il est possible de dénombrer correctement tous les verticilles d'un arbre sans devoir l'abattre. Bien qu'elle soit moins précise que la méthode basée sur le dénombrement des cernes annuels et la mesure de la hauteur totale, la méthode d'estimation de l'IQS à partir de la croissance partielle devient plus précise à mesure que le nombre de verticilles augmente.

Pour estimer l'IQS à partir d'une mesure de croissance en hauteur partielle d'un arbre, il suffit de suivre les 5 étapes suivantes de collecte de données de croissance internodale (Figure 6) :

1. Localiser la hauteur de référence (1,0 m à partir du plus haut niveau du sol).
2. Sélectionner le point de mesure supérieur, soit l'emplacement du dernier verticille précédant la flèche terminale.
3. Mesurer la hauteur partielle de l'arbre (comprise entre le sol et le point de mesure supérieur) avec un hypsomètre, un clinomètre, un galon à mesurer ou une tige graduée.

- Déterminer l'âge partiel de l'arbre (nombre d'années de croissance entre la hauteur de référence [1,0 m] et le point de mesure supérieur). Le nombre d'années de croissance est alors déterminé par le nombre de verticilles entre la hauteur de référence (1,0 m) et le point de mesure supérieur, auquel on doit ajouter le verticille se trouvant au point de mesure supérieur.
- Prendre note des mesures de croissance internodale mesurées sur l'arbre-échantillon de la placette : essence, hauteur partielle, âge partiel ; indiquer par un commentaire que les mesures ont été effectuées selon la méthode de mesure de croissance partielle.



Figure 6. Données de croissance internodale à récolter pour estimer l'IQS à partir de la croissance partielle.

7. Détermination de l'IQS selon la méthode de mesure de croissance internodale variable

Il est possible de calculer l'IQS d'une placette d'échantillonnage, d'un peuplement forestier ou d'une strate selon la méthode de mesure de croissance internodale variable en se servant des modèles disponibles (Tableaux A1 à A4, en annexe). Ces tableaux présentent la valeur des paramètres (b_1 et b_2) du modèle de calcul de l'IQS internodal (équation [1]) de même que la valeur de la racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM) pour chacun des modèles, et ce, pour les âges allant de 1 à 50 ans. La REQM est une mesure (en m) de la dispersion des données autour de la courbe de régression : plus la valeur est faible, plus le modèle est précis. Les valeurs sont présentées pour deux hauteurs de référence distinctes : 1,0 m, qui est la norme au Québec pour déterminer l'âge des arbres-échantillons, et 1,3 m, qui est la hauteur de référence généralement utilisée dans les autres provinces canadiennes et ailleurs dans le monde.

7.1 IQS internodal d'une placette à partir de l'équation

Prenons l'exemple d'une placette composée essentiellement d'épinette blanche. L'exemple est donné pour un arbre de 10 ans (âge pris à 1,0 m) ayant une hauteur de 4 m. D'après le tableau A1 (p. 19), l'équation pour cet arbre donne un IQS internodal calculé de la façon suivante (Mailly et Gaudreault 2005, p. 117) :

$$IQS = HR + e^{b_1} \cdot CI_A^{b_2} \quad [1]$$

où

HR est la hauteur de référence de mesure de l'âge (ici, 1,0 m),

e est la constante mathématique de Néper, dont la valeur est d'environ 2,71828,

b_1 = 0,9531,

b_2 = 0,5148, et

CI_A est la croissance internodale (en cm) à l'âge A (ici, $A = 10$ ans).

Donc :

$$IQS = 1,0 + e^{0,9531} \cdot CI_{10}^{0,5148} \quad [2]$$

Pour calculer la valeur de la croissance internodale à l'âge de 10 ans (CI_{10}), on se sert de l'équation suivante (Mailly et Gaudreault 2005, p. 117) :

$$CI_A = \frac{H - HR}{A - 0,5} \cdot 100 \quad [3]$$

où

- H est la hauteur totale de l'arbre (ici, 4 m),
 HR est la hauteur de référence de mesure de l'âge (ici, 1,0 m),
 A est l'âge de l'arbre à 1,0 m de hauteur (ici, 10 ans), et
 $0,5$ représente la proportion de croissance moyenne en hauteur complétée sous la hauteur de référence (ici, 1,0 m).*

Donc :

$$CI_{10} = \frac{4,0 - 1,0}{10 - 0,5} \cdot 100 \quad [4]$$

ce qui donne une valeur de CI de 31,58 cm.

L'équation 2 devient donc :

$$IQS = 1,0 + e^{0,9531} \cdot 31,58^{0,5148} \quad [5]$$

ce qui donne un IQS de 16,3 m.†

7.2 IQS internodal à partir d'un tableau prévisionnel

Des tableaux prévisionnels pour estimer directement l'IQS internodal sont disponibles en annexe pour les 4 essences (Tableaux A5 à A12). Ainsi, pour une épinette blanche de 10 ans ayant une hauteur de 4 m comme dans l'exemple précédent, on retrouve la valeur d'IQS de 16,3 m que nous avons calculée (Tableau A5 et figure 7) :

Âge à 1 m (années)	Hauteur totale (m)						
	2	3	4	5	6	7	...
1							
2							
3							
4	18,4	23,9					
5	16,1	21,4					
6	14,4	19,3	23,1				
7	13,1	17,7	21,2				
8	12,0	16,4	19,7	22,4			
9	11,1	15,4	18,4	21,1	23,4		
10	10,4	14,3	17,3	19,9	22,1		
10	9,7	13,5	16,3	18,8	21,0	22,9	
...

INDICE DE QUALITÉ DE STATION
(m à l'âge de 50 ans, hauteur de référence de l'âge à 1,0 m)

Figure 7. Estimation de l'IQS à partir d'un tableau prévisionnel de croissance internodale pour l'épinette blanche (âge à 1,0 m).

* En effet, la hauteur de référence se situe, en moyenne, à mi-chemin entre deux verticilles, de sorte que l'âge de l'arbre est 0,5 année de moins que le nombre n de cernes annuels mesurés. En conséquence, l'âge de l'arbre est $n - 0,5$ (Nigh 1995).

† Dans le logiciel Microsoft® Excel, on utiliserait la formule suivante = 1.0+EXP(0.9531)*31.58^0.5148.

7.3 Calcul de l'IQS moyen pour un peuplement ou une strate

Une fois toutes les données de croissance internodale recueillies, il suffit de compléter les deux étapes suivantes :

1. Obtenir l'IQS de chaque placette à partir des données prises sur le terrain (hauteur et âge) et du tableau ou des équations de croissance internodale appropriées.
2. Calculer l'IQS moyen à partir des valeurs obtenues pour l'ensemble des placettes d'une même strate.

Prenons l'exemple d'un peuplement dominé par l'épinette noire, contenant 8 placettes d'échantillonnage de 100 m² (Tableau 3). La moyenne de tous les IQS calculés à partir des arbres-échantillons donne un IQS internodal moyen de 14,2 m.

Tableau 3. Mesures de hauteur et d'âge pour 8 épinettes noires (1 arbre par placette de 100 m², étage dominant).

N° d'arbre	Hauteur (m)	Âge à 1,0 m (années)	b_1^*	b_2^*	Croissance internodale calculée (cm) †	IQS calculé (m à 50 ans) ‡
1	7,1	21	0,2853	0,6749	29,8	14,1
2	6,1	20	0,3250	0,6633	26,2	13,1
3	7,9	25	0,1467	0,7166	28,2	13,7
4	7,3	21	0,2853	0,6749	30,7	14,4
5	6,5	18	0,4015	0,6412	31,4	14,6
6	8,5	26	0,1155	0,7262	29,4	14,1
7	7,5	20	0,3250	0,6633	33,3	15,2
8	9,0	27	0,0800	0,7373	30,2	14,4
Moyenne						14,2

* Les paramètres b_1 et b_2 pour l'épinette noire (âge à 1,0 m) sont tirés du tableau A2.

† Voir l'équation 3.

‡ Voir l'équation 1.

Conclusion

Ce guide montre l'application concrète des modèles de croissance internodale variable mis au point pour quatre essences commerciales du Québec, soit l'épinette blanche, l'épinette noire, le sapin baumier et le pin gris. Bien que les modèles soient de conception statistique élaborée, leur application pratique s'avère relativement simple, particulièrement si l'on prend soin de bien respecter les critères d'utilisation de la méthode. Ces modèles de croissance internodale variable fournissent un outil indispensable pour l'estimation de l'IQS des jeunes peuplements forestiers. Des travaux sont toujours en cours concernant cette méthode, et des modèles sont présentement en préparation pour le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michaux) et le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marshall).

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement MM. Hervé Lortie, Guy Brousseau, Carl Lemieux et Rémy Chamberland, techniciens forestiers, pour le travail de collecte de données en forêt dans le cadre des projets de recherche sur la méthode de mesure de croissance internodale variable. Les remerciements vont également à Mme Jolène Lemieux, technicienne forestière, pour la gestion et la validation des données et pour son travail avec le logiciel ANATI. Merci à Mme Mélanie Gaudreault, biologiste, pour sa collaboration à l'élaboration des premiers modèles de croissance internodale au Québec. Merci également à Mmes Josianne DeBlois et Jolène Lemieux ainsi qu'à MM. Vincent Lafèche, Réjean Poliquin et Jean-Pierre Saucier pour leurs commentaires sur une version antérieure du texte, qui ont permis d'en améliorer la clarté. Enfin, merci à Mmes Nathalie Langlois et Maripierre Jalbert pour la mise en page et à Mme Denise Tousignant pour l'édition du document. Ce travail a été financé dans le cadre du projet numéro 112310001 de la Direction de la recherche forestière.

Références

- Alban, D.H., 1972. *An improved growth intercept method for estimating site index of red pine*. U.S.D.A. Forest Service, North Central Experiment Station, St. Paul, MN (États-Unis), Research Paper NC-80. 7 p. [www.tree-search.fs.fed.us/pubs/10601].
- Guo, J.P. et J.R. Wang, 2006. *Comparison of height growth and growth intercept models of jack pine plantations and natural stands in northern Ontario*. Can. J. For. Res. 36(9): 2179-2188.
- Kwiaton, M.M., J.R. Wang et D.E. Reid, 2011. *A height growth model and associated growth intercept models for estimating site index in black spruce (Picea mariana Mill. BSP) plantations in Northern Ontario, Canada*. North. J. Appl. For. 28(3): 129-137.
- Mailly, D., 2014. *Modèles de croissance internodale pour l'épinette blanche au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Note de recherche forestière n° 140. 20 p. [www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mailly-Daniel/Note140.pdf].
- Mailly, D. et M. Gaudreault, 2005. *Modèles de croissance internodale pour l'épinette noire, le pin gris et le sapin baumier au Québec*. For. Chron. 81(1): 114-124.
- Mailly, D. et M. Gaudreault, 2007. *Plus de précision pour connaître l'avenir de nos jeunes forêts*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Avis de recherche forestière n° 7, 2 p. [www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Mailly-Daniel/Avis07.pdf].
- Martin, P.J., 1995. *Growth intercept method for silviculture surveys*. British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Practices Branch. Victoria, BC. [www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Sil/Sil345.pdf].
- [MRNF] Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2013a. *Normes d'inventaire écoforestier. Placettes-échantillons permanentes. Édition provisoire mai 2013*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers, 230 p.
- [MRNF] Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2013b. *Normes d'inventaire écoforestier. Placettes-échantillons temporaires. Édition provisoire (mai 2013)*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers, 165 p.
- Nigh, G.D., 1995. *Variable growth intercept models for lodgepole pine in the Sub-Boreal spruce biogeoclimatic zone, British Columbia*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Research Report RR-02. 22 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0100.htm].

- Nigh, G.D., 1996a. *A variable growth intercept model for spruce in the Sub-Boreal spruce and Engelmann Spruce-Subalpine Fir biogeoclimatic zones of British Columbia*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Research Report RR-05. 20 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0095.htm].
- Nigh, G.D., 1996b. *A variable growth intercept model for Sitka spruce (EN03)*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Extension Note 03. 7 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0093.htm].
- Nigh, G.D., 1996c. *Growth intercept models for species without distinct annual branch whorls: western hemlock*. Can. J. For. Res. 26: 1407-1415.
- Nigh, G.D., 1997a. *A growth intercept model for coastal Douglas fir*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Research Report RR-10. 20 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0038.htm].
- Nigh, G.D., 1997b. *Revised growth intercept models for lodgepole pine: comparing northern and southern models*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Extension Note 11. 6 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0084.htm].
- Nigh, G.D., 1997c. *Interior Douglas-fir growth intercept models*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Extension Note 12. 6 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0085.htm].
- Nigh, G.D., 1998. *A system for estimating height and site index of western hemlock in the interior of British Columbia*. For. Chron. 74: 588-596.
- Nigh, G.D., 1999. *Revised growth intercept model for coastal western hemlock, Sitka spruce, and interior spruce*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Extension Note 37. 8 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/1217.htm].
- Nigh, G.D., 2000. *Western redcedar site index models for the interior of British Columbia*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Research Report RR-18. 24 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/1140.htm].
- Nigh, G.D., 2002. *Growth intercept, years-to-breast-height, and juvenile height growth models for Ponderosa pine*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Technical Report 2. 16 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/0170.htm].
- Nigh, G.D., 2004. *Growth intercept and site series-based estimates of site index for white spruce in the Boreal White and Black Spruce biogeoclimatic zone*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Technical Report 13. 16 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/1335.htm].
- Nigh, G.D., 2009. *Amabilis fir height-age and growth intercept models for British Columbia*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Research Report 30. 17 p. [www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Rr/Rr30.htm].

- Nigh, G.D. et K. Klinka, 2001. *Growth intercept models for black spruce*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Extension Note 57. 4 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/1222.htm].
- Nigh, G.D., D. Brisco et D. New, 1999. *Growth intercept models for western larch*. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch, Victoria, BC. Extension Note 38. 4 p. [www.for.gov.bc.ca/hre/pubs/pubs/1218.htm].
- Plourde, A., 2007. *Croissance, développement et architecture des structures aériennes et souterraines de pins gris (Pinus banksiana Lamb.) dans un peuplement naturel et une plantation*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, QC. 155 p. [<http://bibvir.uqac.ca/theses/24968351/24968351.pdf>].
- Rondeux, J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux (Belgique). 524 p.
- Wakeley, P.C. et J. Marrero, 1958. *Five-year intercept as site index in southern pine plantations*. J. For. 56: 332–336.
- Warrack, G.C. et A.R. Fraser, 1955. *Estimation of site quality in juvenile Douglas fir stands*. Department of Lands and Forests, British Columbia Forest Service, Victoria, BC. Research Notes n° 28. 6 p. [www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/mr/Scanned-Rn/Rn001-Rn033/Rn028.pdf].
- Wiley, N.A., 1951. *Determining site index in young fir stands*. Association of British Columbia Foresters, Thesis.

Annexes – Tableaux pour estimer l'IQS à partir des modèles de croissance internodale variable

Tableau A1. Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour l'épinette blanche* âgée de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m). La valeur de REQM témoigne de la qualité de l'ajustement d'un modèle : plus la valeur est faible, plus le modèle est précis.

Âge (années)	Âge à 1,0 m			Âge à 1,3 m		
	b_1	b_2	REQM	b_1	b_2	REQM
1	1,7054	0,3099	2,6081	1,2099	0,4460	2,4790
2	1,5441	0,3543	2,5038	1,3582	0,3952	2,5126
3	1,3858	0,3984	2,4513	1,2343	0,4321	2,4435
4	1,2642	0,4328	2,3925	1,1212	0,4649	2,3733
5	1,1855	0,4544	2,3531	1,0516	0,4848	2,3290
6	1,1415	0,4656	2,3235	1,0294	0,4903	2,3006
7	1,0920	0,4786	2,2790	0,9834	0,5023	2,2668
8	1,0366	0,4936	2,2413	0,9351	0,5148	2,2391
9	0,9939	0,5047	2,2095	0,8893	0,5266	2,2014
10	0,9531	0,5148	2,1688	0,8434	0,5381	2,1527
11	0,9011	0,5280	2,1182	0,7959	0,5499	2,0935
12	0,8528	0,5399	2,0687	0,7228	0,5690	2,0140
13	0,7998	0,5532	2,0109	0,6467	0,5889	1,9255
14	0,7370	0,5694	1,9437	0,5818	0,6055	1,8400
15	0,6523	0,5919	1,8506	0,5248	0,6203	1,7699
16	0,5696	0,6138	1,7587	0,4643	0,6367	1,7192
17	0,4990	0,6329	1,7007	0,3847	0,6587	1,6553
18	0,4166	0,6555	1,6409	0,3010	0,6819	1,5706
19	0,3348	0,6780	1,5741	0,2202	0,7045	1,4975
20	0,2520	0,7011	1,5035	0,1465	0,7252	1,4387
21	0,1787	0,7216	1,4439	0,0864	0,7421	1,3957
22	0,1191	0,7383	1,3967	0,0301	0,7579	1,3572
23	0,0647	0,7536	1,3496	-0,0191	0,7719	1,3193
24	0,0173	0,7670	1,3006	-0,0621	0,7843	1,2903
25	-0,0223	0,7784	1,2689	-0,0987	0,7951	1,2686
26	-0,0583	0,7888	1,2488	-0,1296	0,8043	1,2516
27	-0,0911	0,7986	1,2257	-0,1537	0,8116	1,2450
28	-0,1260	0,8090	1,2110	-0,1708	0,8171	1,2455
29	-0,1574	0,8185	1,2071	-0,1756	0,8194	1,2464
30	-0,1791	0,8255	1,2037	-0,1803	0,8218	1,2524
31	-0,1929	0,8304	1,1988	-0,1949	0,8273	1,2553
32	-0,2140	0,8376	1,1949	-0,2154	0,8348	1,2448
33	-0,2465	0,8483	1,1830	-0,2502	0,8465	1,2204
34	-0,2853	0,8610	1,1588	-0,3020	0,8632	1,1807
35	-0,3339	0,8767	1,1221	-0,3655	0,8831	1,1256
36	-0,3895	0,8944	1,0728	-0,4301	0,9033	1,0631
37	-0,4514	0,9137	1,0160	-0,4882	0,9215	0,9961
38	-0,5115	0,9326	0,9550	-0,5381	0,9375	0,9281
39	-0,5634	0,9491	0,8874	-0,5731	0,9493	0,8623
40	-0,6034	0,9622	0,8151	-0,5958	0,9574	0,7909
41	-0,6316	0,9718	0,7420	-0,6140	0,9642	0,7159
42	-0,6502	0,9785	0,6689	-0,6290	0,9700	0,6390
43	-0,6651	0,9842	0,5953	-0,6456	0,9762	0,5601
44	-0,6783	0,9894	0,5209	-0,6614	0,9822	0,4826
45	-0,6898	0,9941	0,4444	-0,6665	0,9850	0,4033
46	-0,6976	0,9975	0,3632	-0,6650	0,9855	0,3231
47	-0,6958	0,9978	0,2735	-0,6721	0,9884	0,2406
48	-0,6914	0,9972	0,1828	-0,6813	0,9918	0,1605
49	-0,6947	0,9988	0,0996	-0,6851	0,9937	0,0927
50	-0,7063	1,0030	0,0343	-0,6871	0,9952	0,0677

* Maily 2014

Tableau A2. Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour l'épinette noire* âgée de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m). La valeur de REQM témoigne de la qualité de l'ajustement d'un modèle : plus la valeur est faible, plus le modèle est précis.

Âge (années)	Âge à 1,0 m			Âge à 1,3 m		
	b_1	b_2	REQM	b_1	b_2	REQM
1	1,4487	0,3676	1,9063	0,8756	0,5171	1,5386
2	1,2960	0,4092	1,7134	0,7715	0,5414	1,4193
3	1,1842	0,4383	1,5287	0,7269	0,5543	1,4046
4	1,0451	0,4760	1,4053	0,7066	0,5598	1,3913
5	0,9463	0,5026	1,3605	0,6742	0,5688	1,3621
6	0,8754	0,5213	1,3290	0,6449	0,5763	1,3302
7	0,8134	0,5374	1,2958	0,6340	0,5774	1,3051
8	0,7673	0,5484	1,2709	0,6322	0,5756	1,2822
9	0,7357	0,5547	1,2508	0,6340	0,5727	1,2661
10	0,7165	0,5573	1,2362	0,6115	0,5775	1,2371
11	0,6884	0,5633	1,2116	0,5717	0,5879	1,2000
12	0,6467	0,5738	1,1791	0,5309	0,5991	1,1672
13	0,6036	0,5851	1,1468	0,4945	0,6092	1,1414
14	0,5610	0,5967	1,1172	0,4612	0,6184	1,1230
15	0,5203	0,6078	1,0941	0,4246	0,6288	1,0994
16	0,4789	0,6194	1,0701	0,3889	0,6391	1,0738
17	0,4386	0,6307	1,0471	0,3555	0,6487	1,0575
18	0,4015	0,6412	1,0309	0,3226	0,6583	1,0479
19	0,3647	0,6518	1,0184	0,2871	0,6690	1,0302
20	0,3250	0,6633	1,0010	0,2516	0,6796	1,0039
21	0,2853	0,6749	0,9763	0,2215	0,6887	0,9819
22	0,2490	0,6856	0,9520	0,1926	0,6977	0,9611
23	0,2133	0,6963	0,9297	0,1612	0,7075	0,9356
24	0,1772	0,7073	0,9037	0,1284	0,7177	0,9059
25	0,1467	0,7166	0,8764	0,0927	0,7289	0,8708
26	0,1155	0,7262	0,8466	0,0570	0,7402	0,8343
27	0,0800	0,7373	0,8137	0,0206	0,7517	0,8010
28	0,0444	0,7484	0,7789	-0,0165	0,7636	0,7705
29	0,0094	0,7595	0,7438	-0,0565	0,7765	0,7386
30	-0,0254	0,7707	0,7119	-0,0998	0,7904	0,7063
31	-0,0610	0,7823	0,6826	-0,1435	0,8046	0,6745
32	-0,0968	0,7940	0,6552	-0,1866	0,8187	0,6426
33	-0,1354	0,8067	0,6268	-0,2252	0,8315	0,6115
34	-0,1777	0,8205	0,5965	-0,2595	0,8431	0,5805
35	-0,2181	0,8338	0,5655	-0,2934	0,8546	0,5473
36	-0,2565	0,8465	0,5322	-0,3279	0,8662	0,5086
37	-0,2952	0,8594	0,4935	-0,3609	0,8774	0,4675
38	-0,3321	0,8716	0,4511	-0,3943	0,8887	0,4282
39	-0,3674	0,8835	0,4100	-0,4269	0,8998	0,3907
40	-0,4025	0,8952	0,3710	-0,4582	0,9106	0,3556
41	-0,4357	0,9065	0,3342	-0,4898	0,9215	0,3225
42	-0,4686	0,9177	0,3001	-0,5207	0,9323	0,2875
43	-0,5030	0,9294	0,2666	-0,5495	0,9425	0,2525
44	-0,5362	0,9408	0,2309	-0,5761	0,9521	0,2190
45	-0,5671	0,9516	0,1932	-0,6002	0,9610	0,1855
46	-0,5950	0,9615	0,1561	-0,6229	0,9694	0,1523
47	-0,6218	0,9712	0,1196	-0,6440	0,9774	0,1188
48	-0,6466	0,9802	0,0857	-0,6656	0,9856	0,0842
49	-0,6713	0,9892	0,0535	-0,6870	0,9937	0,0492
50	-0,6953	0,9980	0,0321	-0,7063	1,0013	0,0272

* Mailly et Gaudreault 2005

Tableau A3. Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour le **pin gris*** âgé de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m). La valeur de REQM témoigne de la qualité de l'ajustement d'un modèle : plus la valeur est faible, plus le modèle est précis.

Âge (années)	Âge à 1,0 m			Âge à 1,3 m		
	b_1	b_2	REQM	b_1	b_2	REQM
1	1,6884	0,3003	2,2085	1,3075	0,3915	1,8974
2	1,3427	0,3928	1,9462	1,2953	0,3901	1,7552
3	1,3201	0,3929	1,8052	1,2308	0,4086	1,6841
4	1,2334	0,4151	1,7209	1,1231	0,4383	1,6134
5	1,1269	0,4439	1,6436	1,0250	0,4658	1,5198
6	1,0483	0,4657	1,5543	0,9561	0,4848	1,4200
7	0,9747	0,4857	1,4530	0,8949	0,5014	1,3506
8	0,9100	0,5029	1,3676	0,8499	0,5135	1,3046
9	0,8661	0,5145	1,3194	0,8045	0,5257	1,2677
10	0,8251	0,5254	1,2827	0,7502	0,5405	1,2349
11	0,7757	0,5386	1,2468	0,7042	0,5531	1,2152
12	0,7242	0,5527	1,2201	0,6573	0,5660	1,2017
13	0,6757	0,5659	1,1998	0,6054	0,5802	1,1956
14	0,6208	0,5808	1,1900	0,5431	0,5974	1,1871
15	0,5644	0,5963	1,1801	0,4884	0,6124	1,1674
16	0,5076	0,6117	1,1612	0,4286	0,6288	1,1434
17	0,4406	0,6301	1,1342	0,3609	0,6474	1,1173
18	0,3718	0,6490	1,1025	0,2861	0,6680	1,0947
19	0,2958	0,6699	1,0773	0,1963	0,6930	1,0688
20	0,2113	0,6934	1,0532	0,1110	0,7167	1,0390
21	0,1281	0,7166	1,0284	0,0333	0,7385	1,0081
22	0,0462	0,7395	0,9992	-0,0463	0,7611	0,9738
23	-0,0309	0,7613	0,9677	-0,1253	0,7837	0,9408
24	-0,1046	0,7823	0,9351	-0,1832	0,8005	0,9077
25	-0,1604	0,7984	0,8993	-0,2201	0,8117	0,8788
26	-0,1965	0,8093	0,8699	-0,2499	0,8210	0,8586
27	-0,2281	0,8191	0,8460	-0,2812	0,8308	0,8390
28	-0,2638	0,8301	0,8239	-0,3193	0,8425	0,8130
29	-0,3043	0,8424	0,7959	-0,3602	0,8551	0,7797
30	-0,3461	0,8551	0,7611	-0,3910	0,8648	0,7458
31	-0,3788	0,8653	0,7252	-0,4124	0,8721	0,7123
32	-0,4021	0,8730	0,6891	-0,4313	0,8788	0,6760
33	-0,4285	0,8817	0,6530	-0,4497	0,8854	0,6400
34	-0,4525	0,8898	0,6169	-0,4695	0,8925	0,6028
35	-0,4738	0,8974	0,5800	-0,4887	0,8997	0,5672
36	-0,4951	0,9051	0,5447	-0,5021	0,9055	0,5355
37	-0,5098	0,9112	0,5124	-0,5151	0,9112	0,5017
38	-0,5231	0,9170	0,4778	-0,5307	0,9179	0,4658
39	-0,5388	0,9236	0,4412	-0,5453	0,9243	0,4326
40	-0,5531	0,9300	0,4066	-0,5674	0,9330	0,3996
41	-0,5731	0,9381	0,3723	-0,5956	0,9436	0,3649
42	-0,5997	0,9481	0,3368	-0,6204	0,9534	0,3312
43	-0,6252	0,9580	0,3014	-0,6431	0,9626	0,2947
44	-0,6493	0,9676	0,2624	-0,6636	0,9713	0,2546
45	-0,6701	0,9764	0,2201	-0,6764	0,9779	0,2158
46	-0,6843	0,9833	0,1787	-0,6840	0,9830	0,1783
47	-0,6951	0,9893	0,1390	-0,6891	0,9874	0,1400
48	-0,7007	0,9937	0,1000	-0,6948	0,9919	0,0985
49	-0,7053	0,9979	0,0635	-0,7030	0,9972	0,0588
50	-0,7121	1,0028	0,0454	-0,7132	1,0033	0,0361

* Mailly et Gaudreault 2005

Tableau A4. Paramètres des modèles de croissance internodale (b_1 et b_2) et racine carrée de l'erreur quadratique moyenne (REQM, en m) pour le **sapin baumier*** âgé de 1 à 50 ans (à la hauteur de 1,0 m et de 1,3 m). La valeur de REQM témoigne de la qualité de l'ajustement d'un modèle : plus la valeur est faible, plus le modèle est précis.

Âge (années)	Âge à 1,0 m			Âge à 1,3 m		
	b_1	b_2	REQM	b_1	b_2	REQM
1	1,5451	0,3393	2,3553	1,3848	0,3660	2,3793
2	1,4724	0,3568	2,3920	1,4829	0,3311	2,4508
3	1,4941	0,3448	2,3624	1,4947	0,3267	2,4687
4	1,5017	0,3379	2,3486	1,4991	0,3248	2,4715
5	1,4965	0,3368	2,3616	1,4395	0,3429	2,4256
6	1,4582	0,3470	2,3500	1,3484	0,3698	2,3528
7	1,3943	0,3651	2,2992	1,2686	0,3928	2,2814
8	1,3354	0,3813	2,2464	1,2159	0,4074	2,2256
9	1,2869	0,3943	2,2082	1,1656	0,4208	2,1633
10	1,2352	0,4080	2,1606	1,1132	0,4348	2,0937
11	1,1743	0,4243	2,0968	1,0578	0,4499	2,0194
12	1,1146	0,4404	2,0286	0,9963	0,4669	1,9351
13	1,0543	0,4567	1,9520	0,9346	0,4839	1,8502
14	0,9946	0,4732	1,8781	0,8768	0,4999	1,7802
15	0,9319	0,4906	1,8034	0,8256	0,5142	1,7233
16	0,8678	0,5084	1,7235	0,7761	0,5279	1,6613
17	0,8111	0,5241	1,6539	0,7266	0,5415	1,5978
18	0,7609	0,5376	1,5876	0,6727	0,5565	1,5242
19	0,7153	0,5498	1,5237	0,6162	0,5723	1,4448
20	0,6624	0,5643	1,4475	0,5526	0,5906	1,3672
21	0,6012	0,5817	1,3661	0,4833	0,6110	1,2919
22	0,5370	0,6004	1,2959	0,4118	0,6322	1,2079
23	0,4700	0,6203	1,2263	0,3420	0,6530	1,1175
24	0,3964	0,6422	1,1446	0,2816	0,6715	1,0431
25	0,3308	0,6618	1,0674	0,2244	0,6891	0,9716
26	0,2729	0,6795	1,0044	0,1693	0,7062	0,9024
27	0,2199	0,6959	0,9415	0,1134	0,7236	0,8397
28	0,1699	0,7114	0,8794	0,0583	0,7407	0,7860
29	0,1190	0,7272	0,8288	0,0129	0,7549	0,7503
30	0,0700	0,7423	0,7902	-0,0323	0,7692	0,7209
31	0,0217	0,7574	0,7545	-0,0877	0,7867	0,6809
32	-0,0338	0,7747	0,7100	-0,1464	0,8051	0,6419
33	-0,0939	0,7935	0,6656	-0,2044	0,8236	0,6096
34	-0,1551	0,8127	0,6270	-0,2559	0,8401	0,5796
35	-0,2131	0,8309	0,5904	-0,3023	0,8552	0,5483
36	-0,2662	0,8478	0,5524	-0,3462	0,8696	0,5138
37	-0,3172	0,8641	0,5119	-0,3805	0,8812	0,4827
38	-0,3630	0,8789	0,4759	-0,4091	0,8913	0,4512
39	-0,4017	0,8917	0,4412	-0,4338	0,9002	0,4197
40	-0,4329	0,9025	0,4053	-0,4562	0,9085	0,3868
41	-0,4600	0,9122	0,3687	-0,4810	0,9176	0,3564
42	-0,4839	0,9210	0,3344	-0,5092	0,9278	0,3271
43	-0,5083	0,9299	0,3022	-0,5380	0,9381	0,2955
44	-0,5341	0,9393	0,2675	-0,5637	0,9475	0,2648
45	-0,5618	0,9493	0,2297	-0,5857	0,9559	0,2325
46	-0,5934	0,9604	0,1893	-0,6070	0,9641	0,1977
47	-0,6208	0,9703	0,1499	-0,6290	0,9724	0,1578
48	-0,6441	0,9790	0,1097	-0,6538	0,9817	0,1125
49	-0,6681	0,9880	0,0689	-0,6804	0,9916	0,0637
50	-0,6939	0,9976	0,0356	-0,7047	1,0008	0,0297

* Mailly et Gaudreault 2005

Tableau A5. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour l'épinette blanche (âge à 1,0 m).

Âge à 1,0 m (années)	Hauteur totale (m)																						
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1																							
2																							
3	18,4	23,9																					
4	16,1	21,4																					
5	14,4	19,3	23,1																				
6	13,1	17,7	21,2																				
7	12,0	16,4	19,7	22,4																			
8	11,1	15,3	18,4	21,1	23,4																		
9	10,4	14,3	17,3	19,9	22,1																		
10	9,7	13,5	16,3	18,8	21,0	22,9																	
11	9,1	12,7	15,5	17,8	19,9	21,8																	
12	8,5	12,0	14,6	16,9	19,0	20,8	22,6																
13	8,0	11,3	13,9	16,1	18,1	19,9	21,6																
14		10,7	13,2	15,4	17,3	19,1	20,8	22,4															
15		10,1	12,5	14,7	16,6	18,4	20,0	21,6															
16		9,5	11,9	14,0	15,9	17,7	19,3	20,9	22,4														
17		9,0	11,3	13,4	15,3	17,0	18,7	20,2	21,7	23,1													
18		8,5	10,8	12,8	14,7	16,4	18,0	19,6	21,1	22,5													
19		8,0	10,2	12,2	14,1	15,8	17,4	19,0	20,5	21,9	23,3												
20		7,6	9,7	11,7	13,5	15,2	16,8	18,4	19,9	21,3	22,7												
21			9,3	11,2	13,0	14,7	16,3	17,8	19,3	20,8	22,2	23,5											
22			8,9	10,8	12,5	14,2	15,7	17,3	18,7	20,2	21,6	22,9											
23			8,5	10,3	12,0	13,7	15,2	16,7	18,2	19,6	21,0	22,4	23,7										
24			8,2	9,9	11,6	13,2	14,7	16,2	17,7	19,1	20,4	21,8	23,1										
25			7,9	9,6	11,2	12,8	14,3	15,7	17,2	18,5	19,9	21,2	22,5	23,8									
26			7,6	9,3	10,9	12,4	13,9	15,3	16,7	18,0	19,4	20,7	22,0	23,2									
27			9,0	10,5	12,0	13,5	14,9	16,2	17,6	18,9	20,2	21,4	22,7										
28				8,7	10,2	11,7	13,1	14,5	15,8	17,1	18,4	19,7	21,0	22,2	23,4								
29				8,4	9,9	11,3	12,7	14,1	15,4	16,7	18,0	19,2	20,5	21,7	22,9								
30				8,2	9,6	11,1	12,4	13,7	15,0	16,3	17,6	18,8	20,0	21,2	22,4	23,6							
31				8,0	9,4	10,8	12,1	13,4	14,7	16,0	17,2	18,4	19,6	20,8	21,9	23,1							
32				7,8	9,2	10,5	11,8	13,1	14,4	15,6	16,8	18,0	19,2	20,4	21,5	22,7	23,8						
33					8,9	10,3	11,6	12,8	14,1	15,3	16,5	17,7	18,9	20,0	21,2	22,3	23,4						
34					8,7	10,0	11,3	12,6	13,8	15,0	16,2	17,4	18,5	19,7	20,8	22,0	23,1	24,2					
35					8,5	9,8	11,0	12,3	13,5	14,7	15,9	17,1	18,2	19,4	20,6	21,7	22,8	23,9					
36					8,2	9,5	10,7	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0	19,1	20,3	21,4	22,6	23,7					
37					8,0	9,2	10,5	11,7	12,9	14,1	15,3	16,5	17,7	18,8	20,0	21,1	22,3	23,4					
38					9,0	10,2	11,4	12,6	13,8	15,0	16,2	17,4	18,5	19,7	20,9	22,0	23,2	24,3					
39					8,7	9,9	11,1	12,3	13,5	14,7	15,9	17,1	18,2	19,4	20,6	21,7	22,9	24,0					
40					8,5	9,7	10,9	12,1	13,3	14,4	15,6	16,8	17,9	19,1	20,3	21,4	22,6	23,7					
41					8,3	9,5	10,7	11,8	13,0	14,2	15,3	16,5	17,6	18,8	19,9	21,1	22,2	23,4					
42						9,3	10,4	11,6	12,7	13,9	15,0	16,2	17,3	18,5	19,6	20,7	21,9	23,0					
43						9,1	10,2	11,4	12,5	13,6	14,8	15,9	17,0	18,2	19,3	20,4	21,5	22,6	23,8				
44						8,9	10,0	11,2	12,3	13,4	14,5	15,6	16,7	17,9	19,0	20,1	21,2	22,3	23,4				
45						8,8	9,9	11,0	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9	21,9	23,0				
46							8,6	9,7	10,8	11,9	12,9	14,0	15,1	16,2	17,3	18,3	19,4	20,5	21,6	22,7			
47								9,5	10,6	11,7	12,7	13,8	14,8	15,9	17,0	18,0	19,1	20,1	21,2	22,3	23,3		
48									9,4	10,4	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,7	17,7	18,7	19,8	20,8	21,9	22,9	
49									9,2	10,2	11,3	12,3	13,3	14,3	15,4	16,4	17,4	18,4	19,5	20,5	21,5	22,5	
50										10,1	11,1	12,1	13,1	14,1	15,1	16,1	17,1	18,1	19,1	20,1	21,2	22,2	23,2

Tableau A6. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance inter-nodale pour l'épinette noire (âge à 1,0 m).

Âge à 1,0 m (années)	Hauteur totale (m)																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																	
2																	
3																	
4	17,5																
5	15,0	20,5															
6	13,2	18,3															
7	11,9	16,6															
8	10,8	15,2	18,7														
9	9,9	14,0	17,3														
10	9,2	13,0	16,1	18,7													
11	8,6	12,2	15,0	17,5													
12	8,1	11,5	14,2	16,5	18,5												
13	7,6	10,8	13,4	15,6	17,6												
14	7,2	10,3	12,7	14,9	16,8	18,6											
15	6,8	9,8	12,1	14,2	16,1	17,9											
16	6,4	9,3	11,6	13,6	15,5	17,2	18,8										
17	6,1	8,9	11,1	13,1	14,9	16,5	18,1										
18	5,8	8,5	10,7	12,6	14,3	16,0	17,5	18,9									
19	5,6	8,1	10,2	12,1	13,8	15,4	16,9	18,3									
20	5,3	7,8	9,9	11,7	13,3	14,9	16,4	17,8									
21	5,1	7,5	9,5	11,3	12,9	14,4	15,9	17,3	18,6								
22	4,9	7,2	9,1	10,9	12,5	14,0	15,4	16,8	18,1								
23	4,7	6,9	8,8	10,5	12,1	13,6	15,0	16,3	17,6								
24	4,5	6,7	8,5	10,2	11,7	13,2	14,6	15,9	17,2	18,4							
25	4,3	6,4	8,2	9,9	11,4	12,8	14,2	15,5	16,7	17,9							
26		6,2	8,0	9,6	11,1	12,5	13,8	15,1	16,3	17,5	18,7						
27		6,0	7,7	9,3	10,7	12,1	13,4	14,7	15,9	17,1	18,3						
28		5,8	7,5	9,0	10,4	11,8	13,1	14,4	15,6	16,8	17,9						
29		5,6	7,3	8,8	10,2	11,5	12,8	14,0	15,2	16,4	17,5	18,6					
30		5,4	7,0	8,5	9,9	11,2	12,5	13,7	14,9	16,1	17,2	18,3					
31		5,3	6,8	8,3	9,6	10,9	12,2	13,4	14,6	15,7	16,9	18,0					
32		5,1	6,6	8,0	9,4	10,7	11,9	13,1	14,3	15,4	16,5	17,6					
33		4,9	6,4	7,8	9,2	10,4	11,7	12,8	14,0	15,1	16,2	17,3	18,4				
34		4,8	6,2	7,6	8,9	10,2	11,4	12,6	13,7	14,9	16,0	17,1	18,1				
35		4,6	6,1	7,4	8,7	9,9	11,1	12,3	13,5	14,6	15,7	16,8	17,8				
36		4,5	5,9	7,2	8,5	9,7	10,9	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	18,6			
37			5,7	7,0	8,3	9,5	10,7	11,8	12,9	14,1	15,2	16,2	17,3	18,4			
38			5,5	6,8	8,1	9,3	10,4	11,6	12,7	13,8	14,9	16,0	17,0	18,1			
39			5,4	6,6	7,9	9,0	10,2	11,3	12,4	13,6	14,6	15,7	16,8	17,8			
40			5,2	6,5	7,7	8,8	10,0	11,1	12,2	13,3	14,4	15,5	16,5	17,6	18,6		
41			5,1	6,3	7,5	8,6	9,8	10,9	12,0	13,1	14,1	15,2	16,3	17,3	18,3		
42			5,0	6,2	7,3	8,4	9,6	10,7	11,8	12,8	13,9	15,0	16,0	17,1	18,1		
43			4,8	6,0	7,1	8,3	9,4	10,5	11,5	12,6	13,7	14,7	15,8	16,8	17,8		
44				5,9	7,0	8,1	9,2	10,3	11,3	12,4	13,4	14,5	15,5	16,6	17,6		
45				5,7	6,8	7,9	9,0	10,1	11,1	12,2	13,2	14,3	15,3	16,3	17,4	18,4	
46				5,6	6,7	7,7	8,8	9,9	10,9	12,0	13,0	14,0	15,1	16,1	17,1	18,1	
47				5,5	6,5	7,6	8,6	9,7	10,7	11,8	12,8	13,8	14,9	15,9	16,9	17,9	
48				5,3	6,4	7,4	8,5	9,5	10,5	11,6	12,6	13,6	14,6	15,7	16,7	17,7	
49				5,2	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,5	18,5
50				5,1	6,1	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2
51				5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0

Tableau A7. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour le **pin gris** (âge à 1,0 m).

Âge à 1,0 m (années)	Hauteur totale (m)																				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					
38																					
39																					
40																					
41																					
42																					
43																					
44																					
45																					
46																					
47																					
48																					
49																					
50																					

PIN GRIS – 1,0 m

Tableau A8. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance inter-nodale pour le **sapin baumier** (âge à 1,0 m).

Âge à 1,0 m (années)	Hauteur totale (m)																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																			
2																			
3																			
4	16,9																		
5	14,9	18,6																	
6	13,7	17,0																	
7	12,8	16,0	18,2																
8	11,9	15,1	17,3																
9	11,2	14,3	16,5	18,3															
10	10,6	13,6	15,8	17,5															
11	10,0	12,9	15,1	16,8	18,3														
12	9,4	12,3	14,4	16,2	17,7	19,0													
13	8,9	11,7	13,8	15,5	17,0	18,4													
14	8,4	11,2	13,3	15,0	16,5	17,8	19,0												
15	8,0	10,7	12,7	14,4	15,9	17,3	18,5												
16	7,5	10,2	12,2	13,9	15,4	16,8	18,0	19,2											
17	7,1	9,7	11,7	13,4	14,9	16,3	17,5	18,7	19,8										
18	6,8	9,3	11,3	13,0	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3										
19	6,5	8,9	10,9	12,5	14,0	15,3	16,6	17,7	18,8	19,8									
20	6,2	8,6	10,5	12,1	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,3	20,3								
21	5,9	8,2	10,1	11,7	13,1	14,4	15,6	16,8	17,9	18,9	19,9								
22	5,6	7,9	9,7	11,3	12,7	14,0	15,2	16,4	17,5	18,5	19,5	20,5							
23	5,3	7,5	9,3	10,9	12,3	13,6	14,9	16,0	17,1	18,2	19,2	20,1							
24	5,0	7,2	9,0	10,5	12,0	13,3	14,5	15,7	16,8	17,8	18,9	19,9	20,8						
25	4,8	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,1	15,3	16,4	17,5	18,6	19,6	20,6						
26		6,6	8,3	9,8	11,2	12,6	13,8	15,0	16,1	17,2	18,3	19,3	20,3						
27		6,3	8,0	9,5	10,9	12,2	13,5	14,7	15,8	16,9	18,0	19,0	20,0	21,0					
28		6,1	7,7	9,2	10,6	11,9	13,2	14,3	15,5	16,6	17,7	18,7	19,7	20,7					
29		5,9	7,5	9,0	10,3	11,6	12,9	14,0	15,2	16,3	17,3	18,4	19,4	20,4					
30		5,6	7,2	8,7	10,0	11,3	12,6	13,7	14,9	16,0	17,0	18,1	19,1	20,1					
31		5,4	7,0	8,4	9,8	11,0	12,3	13,4	14,6	15,7	16,7	17,8	18,8	19,8	20,8				
32		5,2	6,8	8,2	9,5	10,8	12,0	13,1	14,3	15,4	16,4	17,5	18,5	19,5	20,5				
33		5,0	6,5	7,9	9,2	10,5	11,7	12,8	14,0	15,1	16,2	17,2	18,3	19,3	20,3				
34		4,8	6,3	7,7	9,0	10,2	11,4	12,6	13,7	14,8	15,9	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0			
35		4,7	6,1	7,4	8,7	9,9	11,1	12,3	13,4	14,5	15,6	16,7	17,7	18,8	19,8	20,8			
36		4,5	5,9	7,2	8,5	9,7	10,9	12,0	13,1	14,3	15,3	16,4	17,5	18,5	19,6	20,6			
37		4,3	5,7	7,0	8,2	9,4	10,6	11,7	12,9	14,0	15,1	16,2	17,2	18,3	19,3	20,3	21,4		
38			5,5	6,8	8,0	9,2	10,3	11,5	12,6	13,7	14,8	15,9	17,0	18,0	19,1	20,1	21,1		
39			5,3	6,6	7,8	9,0	10,1	11,2	12,4	13,5	14,6	15,6	16,7	17,8	18,8	19,8	20,9		
40			5,2	6,4	7,6	8,7	9,9	11,0	12,1	13,2	14,3	15,4	16,4	17,5	18,5	19,6	20,6		
41			5,0	6,2	7,4	8,6	9,7	10,8	11,9	13,0	14,1	15,1	16,2	17,2	18,3	19,3	20,3		
42			4,9	6,1	7,2	8,4	9,5	10,6	11,7	12,8	13,8	14,9	15,9	17,0	18,0	19,1	20,1	21,1	
43			4,8	6,0	7,1	8,2	9,3	10,4	11,5	12,5	13,6	14,7	15,7	16,7	17,8	18,8	19,8	20,8	
44			4,7	5,8	7,0	8,1	9,1	10,2	11,3	12,3	13,4	14,4	15,5	16,5	17,5	18,6	19,6	20,6	
45			4,6	5,7	6,8	7,9	9,0	10,0	11,1	12,1	13,2	14,2	15,3	16,3	17,3	18,3	19,3	20,3	
46			4,5	5,6	6,7	7,7	8,8	9,9	10,9	11,9	13,0	14,0	15,0	16,1	17,1	18,1	19,1	20,1	
47			4,4	5,5	6,5	7,6	8,6	9,7	10,7	11,7	12,8	13,8	14,8	15,8	16,9	17,9	18,9	19,9	20,9
48			4,3	5,3	6,4	7,4	8,5	9,5	10,5	11,6	12,6	13,6	14,6	15,6	16,6	17,7	18,7	19,7	20,7
49				5,2	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,4	19,4	20,4
50				5,1	6,1	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
51				5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0

Tableau A9. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour l'épinette blanche (âge à 1,3 m).

Âge à 1,3 m (années)	Hauteur totale (m)																					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1																						
2																						
3			Indice de qualité de station (m à l'âge de 50 ans)																			
4	17,9	23,8																				
5	15,6	21,1																				
6	13,9	19,0	22,9																			
7	12,6	17,3	20,9																			
8	11,6	15,9	19,3	22,2																		
9	10,7	14,8	18,0	20,7	23,1																	
10	9,9	13,8	16,9	19,5	21,8																	
11	9,2	13,0	15,9	18,4	20,6	22,6																
12	8,7	12,2	15,0	17,4	19,5	21,5																
13		11,5	14,2	16,5	18,6	20,5	22,3															
14		10,8	13,4	15,7	17,8	19,7	21,4															
15		10,2	12,7	14,9	16,9	18,8	20,5	22,2														
16		9,6	12,1	14,2	16,2	18,0	19,7	21,3	22,9													
17		9,1	11,5	13,6	15,5	17,3	19,0	20,6	22,1	23,6												
18		8,6	10,9	13,0	14,9	16,7	18,3	19,9	21,5	22,9												
19			10,4	12,4	14,3	16,0	17,7	19,3	20,8	22,3	23,8											
20			9,9	11,9	13,7	15,5	17,1	18,7	20,2	21,7	23,2											
21			9,4	11,4	13,2	14,9	16,5	18,1	19,6	21,1	22,6	24,0										
22			9,0	10,9	12,7	14,4	16,0	17,5	19,0	20,5	21,9	23,3										
23			8,6	10,4	12,2	13,8	15,4	17,0	18,5	19,9	21,3	22,7	24,1									
24			8,2	10,0	11,7	13,4	14,9	16,4	17,9	19,3	20,8	22,1	23,5									
25			9,7	11,3	12,9	14,5	15,9	17,4	18,8	20,2	21,5	22,9	24,2									
26			9,3	11,0	12,5	14,0	15,5	16,9	18,3	19,7	21,0	22,3	23,6									
27			9,0	10,6	12,1	13,6	15,0	16,4	17,8	19,1	20,5	21,7	23,0									
28			8,8	10,3	11,8	13,2	14,6	16,0	17,3	18,6	19,9	21,2	22,5	23,7								
29			8,5	10,0	11,5	12,9	14,2	15,6	16,9	18,2	19,4	20,7	21,9	23,1								
30			8,3	9,8	11,2	12,6	13,9	15,2	16,5	17,7	19,0	20,2	21,4	22,6	23,8							
31			9,5	10,9	12,3	13,6	14,9	16,1	17,3	18,6	19,7	20,9	22,1	23,2								
32			9,3	10,7	12,0	13,3	14,5	15,8	17,0	18,2	19,3	20,5	21,7	22,8	23,9							
33			9,1	10,4	11,7	13,0	14,2	15,5	16,7	17,8	19,0	20,1	21,3	22,4	23,5							
34			8,9	10,2	11,5	12,7	14,0	15,2	16,3	17,5	18,7	19,8	21,0	22,1	23,2	24,3						
35			8,6	9,9	11,2	12,4	13,7	14,9	16,1	17,2	18,4	19,5	20,7	21,8	22,9	24,0						
36			9,6	10,9	12,1	13,4	14,6	15,8	16,9	18,1	19,3	20,4	21,5	22,7	23,8							
37			9,4	10,6	11,8	13,1	14,3	15,5	16,6	17,8	19,0	20,1	21,3	22,4	23,6							
38			9,1	10,3	11,6	12,8	14,0	15,2	16,3	17,5	18,7	19,8	21,0	22,1	23,3	24,4						
39			8,9	10,1	11,3	12,5	13,7	14,9	16,0	17,2	18,4	19,5	20,7	21,9	23,0	24,1						
40			9,8	11,0	12,2	13,4	14,6	15,8	16,9	18,1	19,2	20,4	21,5	22,7	23,8							
41			9,6	10,8	12,0	13,2	14,3	15,5	16,6	17,8	18,9	20,1	21,2	22,3	23,5							
42			9,4	10,6	11,8	12,9	14,1	15,2	16,3	17,5	18,6	19,7	20,9	22,0	23,1							
43			9,3	10,4	11,5	12,7	13,8	14,9	16,1	17,2	18,3	19,4	20,5	21,6	22,8	23,9						
44			9,1	10,2	11,3	12,4	13,6	14,7	15,8	16,9	18,0	19,1	20,2	21,3	22,4	23,5						
45			8,9	10,0	11,1	12,2	13,3	14,4	15,5	16,6	17,7	18,8	19,9	21,0	22,1	23,2						
46			9,8	10,9	12,0	13,1	14,2	15,3	16,3	17,4	18,5	19,6	20,6	21,7	22,8							
47			9,7	10,7	11,8	12,9	13,9	15,0	16,1	17,1	18,2	19,2	20,3	21,3	22,4	23,5						
48			9,5	10,5	11,6	12,6	13,7	14,7	15,8	16,8	17,9	18,9	19,9	21,0	22,0	23,1						
49			10,4	11,4	12,4	13,4	14,5	15,5	16,5	17,6	18,6	19,6	20,6	21,7	22,7							
50			10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,3	17,3	18,3	19,3	20,3	21,3	22,3	23,3						
51			10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0						

Tableau A10. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance inter-nodale pour l'épinette noire (âge à 1,3 m).

Âge à 1,3 m (années)	Hauteur totale (m)																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																	
2																	
3																	
4	14,4																
5	12,1	19,1															
6	10,6	16,8															
7	9,6	15,1															
8	8,7	13,7	17,5														
9	8,1	12,6	16,1														
10	7,6	11,8	15,0	17,7													
11	7,1	11,1	14,0	16,6													
12	6,7	10,4	13,2	15,7	17,9												
13	6,3	9,8	12,6	14,9	17,0												
14	6,0	9,3	12,0	14,2	16,2	18,1											
15	5,7	8,9	11,4	13,6	15,5	17,4											
16	5,4	8,5	10,9	13,0	14,9	16,7	18,3										
17	5,2	8,1	10,5	12,5	14,4	16,1	17,7										
18	4,9	7,8	10,0	12,0	13,8	15,5	17,1	18,6									
19	4,7	7,5	9,7	11,6	13,3	15,0	16,5	18,0									
20	4,5	7,2	9,3	11,2	12,9	14,5	16,0	17,4									
21	4,4	6,9	9,0	10,8	12,5	14,0	15,5	16,9	18,3								
22	4,2	6,7	8,7	10,5	12,1	13,6	15,1	16,5	17,8								
23	4,1	6,4	8,4	10,1	11,7	13,2	14,7	16,0	17,3								
24	3,9	6,2	8,1	9,8	11,4	12,9	14,3	15,6	16,9	18,1							
25	3,8	6,0	7,9	9,5	11,1	12,5	13,9	15,2	16,5	17,7							
26		5,8	7,6	9,2	10,7	12,2	13,5	14,8	16,1	17,3	18,5						
27		5,6	7,4	9,0	10,5	11,9	13,2	14,5	15,7	16,9	18,1						
28		5,4	7,1	8,7	10,2	11,5	12,9	14,1	15,4	16,6	17,8						
29		5,3	6,9	8,5	9,9	11,3	12,6	13,8	15,1	16,2	17,4	18,5					
30		5,1	6,7	8,2	9,6	11,0	12,3	13,5	14,7	15,9	17,1	18,2					
31		4,9	6,5	8,0	9,4	10,7	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	17,9					
32		4,8	6,3	7,8	9,1	10,4	11,7	12,9	14,1	15,3	16,5	17,6					
33		4,6	6,1	7,5	8,9	10,2	11,4	12,7	13,9	15,0	16,2	17,3	18,4				
34		4,5	5,9	7,3	8,7	9,9	11,2	12,4	13,6	14,7	15,9	17,0	18,1				
35		4,3	5,8	7,1	8,5	9,7	10,9	12,1	13,3	14,5	15,6	16,7	17,8				
36		4,2	5,6	7,0	8,2	9,5	10,7	11,9	13,1	14,2	15,3	16,4	17,5	18,6			
37			5,5	6,8	8,1	9,3	10,5	11,7	12,8	13,9	15,1	16,2	17,3	18,4			
38			5,3	6,6	7,9	9,1	10,3	11,4	12,6	13,7	14,8	15,9	17,0	18,1			
39			5,2	6,5	7,7	8,9	10,0	11,2	12,3	13,4	14,5	15,6	16,7	17,8			
40			5,1	6,3	7,5	8,7	9,8	11,0	12,1	13,2	14,3	15,4	16,5	17,5	18,6		
41			4,9	6,2	7,3	8,5	9,6	10,8	11,9	13,0	14,1	15,1	16,2	17,3	18,3		
42			4,8	6,0	7,2	8,3	9,4	10,5	11,6	12,7	13,8	14,9	16,0	17,0	18,1		
43			4,7	5,9	7,0	8,1	9,2	10,3	11,4	12,5	13,6	14,7	15,7	16,8	17,8		
44				5,7	6,9	8,0	9,1	10,2	11,2	12,3	13,4	14,4	15,5	16,5	17,6		
45				5,6	6,7	7,8	8,9	10,0	11,0	12,1	13,2	14,2	15,3	16,3	17,3	18,4	
46				5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9	11,9	13,0	14,0	15,0	16,1	17,1	18,1	
47				5,4	6,5	7,5	8,6	9,6	10,7	11,7	12,8	13,8	14,8	15,9	16,9	17,9	
48				5,3	6,3	7,4	8,4	9,5	10,5	11,5	12,6	13,6	14,6	15,6	16,7	17,7	
49				5,2	6,2	7,2	8,3	9,3	10,3	11,3	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,5	18,5
50				5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2
51				5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0

Tableau A11. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance internodale pour le **pin gris** (âge à 1,3 m).

Âge à 1,3 m (années)	Hauteur totale (m)																					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1																						
2																						
3				Indice de qualité de station (m à l'âge de 50 ans)																		
4	14,7	20,5	24,5																			
5	12,7	18,2	22,0																			
6	11,3	16,4	20,1	23,0																		
7	10,2	15,0	18,5	21,3	23,8																	
8	9,4	13,9	17,2	19,9	22,2																	
9		12,9	16,0	18,6	20,9	22,9																
10		12,1	15,1	17,6	19,7	21,7																
11		11,4	14,2	16,6	18,7	20,7	22,4															
12		10,7	13,5	15,8	17,9	19,7	21,4															
13		10,2	12,8	15,1	17,1	18,9	20,6	22,1														
14			12,2	14,4	16,3	18,1	19,8	21,3														
15			11,6	13,7	15,7	17,4	19,0	20,6	22,0													
16			11,1	13,1	15,0	16,7	18,3	19,9	21,3	22,7												
17			10,6	12,6	14,4	16,1	17,7	19,2	20,6	22,0												
18			10,1	12,0	13,8	15,5	17,1	18,6	20,0	21,4	22,7											
19				11,5	13,3	14,9	16,5	18,0	19,4	20,8	22,1											
20				11,0	12,8	14,4	15,9	17,4	18,8	20,2	21,5	22,8										
21				10,5	12,2	13,9	15,4	16,9	18,3	19,7	21,0	22,3										
22				10,1	11,8	13,4	14,9	16,3	17,8	19,1	20,5	21,8										
23					11,3	12,9	14,4	15,8	17,3	18,6	20,0	21,3	22,6									
24					10,8	12,4	13,9	15,4	16,8	18,1	19,5	20,8	22,1									
25					10,5	12,0	13,5	14,9	16,3	17,7	19,0	20,3	21,6	22,9								
26						11,6	13,1	14,5	15,8	17,2	18,5	19,8	21,1	22,3								
27						11,3	12,7	14,1	15,4	16,7	18,0	19,3	20,6	21,8	23,0							
28						11,0	12,3	13,7	15,0	16,3	17,6	18,9	20,1	21,3	22,5							
29						10,6	12,0	13,3	14,6	15,9	17,2	18,4	19,6	20,9	22,1							
30							11,7	13,0	14,3	15,5	16,8	18,0	19,2	20,4	21,6	22,8						
31							11,4	12,7	13,9	15,2	16,4	17,6	18,8	20,0	21,2	22,3						
32							11,1	12,4	13,6	14,8	16,0	17,2	18,4	19,6	20,7	21,9						
33							10,8	12,1	13,3	14,5	15,7	16,9	18,0	19,2	20,3	21,5	22,6					
34								11,8	13,0	14,2	15,4	16,5	17,7	18,8	19,9	21,1	22,2					
35								11,6	12,7	13,9	15,1	16,2	17,3	18,5	19,6	20,7	21,8	22,9				
36								11,3	12,5	13,6	14,8	15,9	17,0	18,1	19,2	20,3	21,4	22,5				
37								11,1	12,3	13,4	14,5	15,6	16,7	17,8	18,9	20,0	21,1	22,2				
38								10,9	12,0	13,2	14,3	15,4	16,5	17,6	18,6	19,7	20,8	21,8	22,9			
39								10,7	11,8	12,9	14,0	15,1	16,2	17,3	18,4	19,4	20,5	21,5	22,6			
40								10,5	11,6	12,7	13,8	14,9	16,0	17,0	18,1	19,2	20,2	21,2	22,3			
41								10,4	11,5	12,5	13,6	14,7	15,7	16,8	17,9	18,9	20,0	21,0	22,0			
42									11,3	12,3	13,4	14,5	15,5	16,6	17,6	18,7	19,7	20,8	21,8	22,8		
43									11,1	12,2	13,2	14,3	15,3	16,4	17,4	18,5	19,5	20,6	21,6	22,6		
44									10,9	12,0	13,0	14,1	15,1	16,2	17,2	18,3	19,3	20,3	21,4	22,4		
45									10,8	11,8	12,9	13,9	14,9	16,0	17,0	18,1	19,1	20,1	21,2	22,2		
46									10,6	11,7	12,7	13,7	14,8	15,8	16,8	17,9	18,9	19,9	21,0	22,0		
47									10,5	11,5	12,5	13,6	14,6	15,6	16,7	17,7	18,7	19,7	20,8	21,8	22,8	
48									10,4	11,4	12,4	13,4	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,6	20,6	21,6	22,6	
49									10,2	11,2	12,3	13,3	14,3	15,3	16,3	17,3	18,4	19,4	20,4	21,4	22,4	
50									10,1	11,1	12,1	13,1	14,1	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2	21,2	22,2	
50										11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	

PIN GRIS – 1,3 m

Tableau A12. Indices de qualité de station estimés par le modèle de croissance inter-nodale pour le **sapin baumier** (âge à 1,3 m).

Âge à 1,3 m (années)	Hauteur totale des arbres (m)																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																			
2																			
3	14,5	19,0																	
4	13,1	17,1																	
5	12,1	16,0	18,5																
6	11,2	15,0	17,6																
7	10,3	14,1	16,7	18,7															
8	9,7	13,3	15,8	17,8															
9	9,1	12,6	15,0	17,0	18,7														
10	8,6	12,0	14,3	16,3	17,9	19,4													
11	8,1	11,4	13,7	15,6	17,2	18,7													
12	7,6	10,8	13,1	15,0	16,6	18,1	19,4												
13	7,2	10,3	12,6	14,4	16,0	17,5	18,8												
14	6,8	9,8	12,0	13,9	15,5	16,9	18,2	19,4											
15	6,4	9,4	11,6	13,4	15,0	16,4	17,7	18,9	20,0										
16	6,1	9,0	11,1	12,9	14,5	15,9	17,2	18,4	19,5										
17	5,8	8,6	10,7	12,4	14,0	15,4	16,7	17,9	19,0	20,1									
18	5,5	8,2	10,3	12,0	13,5	14,9	16,2	17,4	18,5	19,6	20,6								
19		7,9	9,9	11,6	13,1	14,5	15,7	16,9	18,1	19,2	20,2								
20		7,5	9,5	11,2	12,7	14,1	15,3	16,5	17,7	18,8	19,8	20,8							
21		7,2	9,1	10,8	12,3	13,7	15,0	16,2	17,3	18,4	19,5	20,5							
22		6,9	8,8	10,4	11,9	13,3	14,6	15,8	17,0	18,1	19,2	20,2	21,2						
23		6,6	8,4	10,1	11,5	12,9	14,2	15,4	16,6	17,7	18,8	19,9	20,9						
24		6,3	8,1	9,7	11,2	12,6	13,9	15,1	16,3	17,4	18,5	19,6	20,6						
25		6,1	7,8	9,4	10,9	12,2	13,5	14,8	15,9	17,1	18,2	19,3	20,3	21,3					
26		5,8	7,6	9,1	10,6	11,9	13,2	14,4	15,6	16,8	17,9	19,0	20,0	21,0					
27		5,6	7,3	8,8	10,3	11,6	12,9	14,1	15,3	16,5	17,6	18,7	19,7	20,8					
28		5,4	7,1	8,6	10,0	11,3	12,6	13,8	15,0	16,1	17,3	18,4	19,4	20,5					
29		5,2	6,8	8,3	9,7	11,0	12,3	13,5	14,7	15,8	16,9	18,0	19,1	20,1	21,2				
30		5,0	6,6	8,1	9,4	10,7	12,0	13,2	14,4	15,5	16,6	17,7	18,8	19,8	20,9				
31			6,4	7,8	9,2	10,5	11,7	12,9	14,1	15,2	16,3	17,4	18,5	19,6	20,6				
32			6,2	7,6	8,9	10,2	11,4	12,6	13,8	14,9	16,1	17,2	18,2	19,3	20,4	21,4			
33			6,0	7,3	8,7	9,9	11,2	12,3	13,5	14,7	15,8	16,9	18,0	19,1	20,1	21,2			
34			5,8	7,1	8,4	9,7	10,9	12,1	13,2	14,4	15,5	16,6	17,7	18,8	19,9	20,9			
35			5,6	6,9	8,2	9,4	10,6	11,8	13,0	14,1	15,2	16,3	17,4	18,5	19,6	20,7	21,7		
36			5,4	6,7	8,0	9,2	10,4	11,6	12,7	13,9	15,0	16,1	17,2	18,3	19,3	20,4	21,4		
37			5,3	6,6	7,8	9,0	10,2	11,3	12,5	13,6	14,7	15,8	16,9	18,0	19,0	20,1	21,2		
38			5,2	6,4	7,6	8,8	10,0	11,1	12,2	13,4	14,5	15,6	16,6	17,7	18,8	19,8	20,9		
39			5,0	6,3	7,5	8,6	9,8	10,9	12,0	13,1	14,2	15,3	16,4	17,4	18,5	19,6	20,6		
40			4,9	6,1	7,3	8,5	9,6	10,7	11,8	12,9	14,0	15,1	16,1	17,2	18,2	19,3	20,3	21,4	
41			4,8	6,0	7,2	8,3	9,4	10,5	11,6	12,7	13,8	14,8	15,9	16,9	18,0	19,0	20,1	21,1	
42				5,9	7,0	8,1	9,2	10,3	11,4	12,5	13,6	14,6	15,7	16,7	17,8	18,8	19,8	20,8	
43				5,7	6,9	8,0	9,1	10,1	11,2	12,3	13,3	14,4	15,4	16,5	17,5	18,5	19,6	20,6	
44				5,6	6,7	7,8	8,9	10,0	11,0	12,1	13,1	14,2	15,2	16,3	17,3	18,3	19,3	20,4	
45				5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,8	11,9	12,9	14,0	15,0	16,0	17,1	18,1	19,1	20,1	21,1
46				5,4	6,5	7,5	8,6	9,6	10,7	11,7	12,7	13,8	14,8	15,8	16,8	17,9	18,9	19,9	20,9
47				5,3	6,4	7,4	8,4	9,5	10,5	11,5	12,6	13,6	14,6	15,6	16,6	17,6	18,6	19,7	20,7
48				5,2	6,2	7,3	8,3	9,3	10,3	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,4	19,4	20,4
49				5,1	6,1	7,1	8,1	9,2	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
50				5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0



*Ressources
naturelles*

Québec 