

<b>Titre :</b>	<b>Comparaison des courbes de production réalisées avec le simulateur EsPaCe pour des peuplements naturels résineux traités en éclaircie précommerciale avec celles de peuplements naturels non traités</b>
<b>Auteur(s) :</b>	Hugues Power, ing.f., Ph. D., Emmanuel Duchateau, biol., Ph. D., Isabelle Auger, stat., M. Sc. et Stéphane Tremblay, ing.f., M. Sc.
<b>Date :</b>	Août 2021

**Prévoir l'évolution à long terme des caractéristiques des peuplements naturels résineux traités en éclaircie précommerciale (EPC) est un enjeu tant pour le calcul des possibilités forestières que pour l'élaboration des stratégies d'aménagement forestier. À l'aide du simulateur EsPaCe, nous avons comparé les courbes d'évolution du volume marchand brut, du diamètre moyen quadratique et de l'âge d'exploitabilité absolue de peuplements traités en EPC aux courbes de peuplements naturels non traités. Les différences entre les courbes des peuplements traités ou non varient en fonction du groupement d'essences, du sous-domaine bioclimatique et du type de station.**

### 1. Introduction

L'éclaircie précommerciale (EPC) est un traitement répandu au Québec pour l'éducation des peuplements. Appliqué au stade gaulis, il consiste à dégager un nombre cible d'arbres d'avenir afin de diminuer l'intensité de la compétition et ainsi stimuler leur croissance en diamètre (Tremblay *et al.* 2013). L'EPC permet aussi de modifier la composition du peuplement en éliminant les essences moins désirées. Elle est souvent considérée comme un prérequis pour d'autres traitements d'éducation tels que l'éclaircie commerciale. Les peuplements traités en EPC sont majoritairement des sapinières, des pessières et des pinèdes grises situées en forêt boréale, soit dans les domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc et de la pessière à mousses (Tremblay *et al.* 2013).

Bien que l'EPC soit en usage depuis plusieurs années, ses effets sur l'âge d'exploitabilité absolue, le volume marchand et le diamètre moyen des arbres au moment de la récolte demeurent incertains. Durant les années 1990, l'hypothèse utilisée pour prendre en compte ces effets était que les peuplements traités en EPC auraient des rendements égaux aux plantations des mêmes espèces (MRN 1998). Toutefois, l'examen réalisé par le comité consultatif sur le manuel d'aménagement forestier en 2002 (CCSMAF 2002) a mené à une révision de cette hypothèse afin d'attribuer aux peuplements traités le même rendement que celui de peuplements naturels de forte densité. Depuis, certaines études ont conclu à un gain en volume marchand (Pitt et Lanteigne 2008, Tong et Zhang 2005, Zhang *et al.* 2006), alors que d'autres n'ont pas

---

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

observé de différences entre les peuplements traités ou non (Pothier 2002). La question des effets de l'EPC sur les peuplements traités demeure donc encore aujourd'hui sans réponse claire.

Depuis le début de son utilisation dans les années 1960 et particulièrement à partir des années 1990, l'EPC a été appliquée sur de grandes superficies au Québec. Au milieu des années 2000 (Tremblay *et al.* 2019), leur total dépassait 100 000 ha/an. Depuis ce temps, les superficies traitées en EPC sont en diminution (MFFP 2017).

Malgré cela, la question de la production des superficies traitées jusqu'à présent est toujours d'actualité, puisque ces peuplements pourraient faire l'objet d'éclaircie commerciale ou de récolte dans les prochaines décennies. Pour essayer d'y répondre, la Direction de la recherche forestière du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs a réalisé des travaux visant à évaluer si les modèles de croissance actuellement utilisés pour la planification stratégique étaient en mesure de simuler la croissance des peuplements soumis à une EPC. Ces analyses ont montré que le modèle Natura-2014 (à l'échelle du peuplement) et le modèle Artémis-2014 (à l'échelle de l'arbre) produisaient des résultats biaisés pour la production des peuplements traités en EPC (Tremblay *et al.* 2019). Ce constat a conduit au développement du simulateur de croissance EsPaCe, spécifique aux peuplements traités en EPC (Duchateau *et al.*, en préparation). Nous avons utilisé ce simulateur pour élaborer des courbes de volume marchand brut (VMB) et de diamètre moyen quadratique (DMQ), de même que pour évaluer l'âge d'exploitabilité absolue des principaux peuplements résineux traités en EPC. Les simulations ont ensuite été comparées aux courbes de production de peuplements non traités.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Simulateur EsPaCe<sup>1</sup>

Le modèle de croissance EsPaCe a été développé à partir des placettes du réseau de suivi des effets réels de l'EPC. Ces placettes sont mesurées tous les 5 ans, et le réseau a actuellement une profondeur temporelle d'environ 20 ans. Cette limite temporelle nous a contraints à simuler l'évolution de chaque peuplement traité en EPC en 2 étapes successives.

Dans un premier temps, nous avons utilisé le modèle de croissance EsPaCe pour faire évoluer les peuplements par pas de 5 ans. Ce modèle a été ajusté pour 3 grands types de peuplements naturels résineux : les sapinières (Sb), les pessières (Ep) et les pinèdes grises (Pg). Le modèle de croissance EsPaCe permet de faire évoluer la distribution diamétrale et la densité des arbres (DHP > 1,1 cm) des différents groupes d'essences. Cette première étape se poursuit jusqu'à ce que la densité du peuplement

---

<sup>1</sup> Le simulateur EsPaCe est composé des modèles de croissance EsPaCe, Artémis-2014 et Natura-2014 qui interagissent pour prévoir l'évolution des placettes échantillon traitées en EPC.

simulé atteigne au moins 500 arbres marchands (DHP > 9,1 cm) par hectare avec un DMQ supérieur à 14 cm, ou jusqu'à ce que le temps depuis le traitement soit supérieur à 35 ans.

Lorsqu'un de ces 2 seuils est atteint, les données du peuplement simulé avec le modèle de croissance EsPaCe ont des caractéristiques semblables à celles des plus jeunes peuplements ayant servi à la calibration des modèles de croissance Natura-2014 et Artémis-2014. Ceux-ci peuvent alors être utilisés pour poursuivre la simulation par pas de 10 ans. Dans le cas des pessières, nous avons utilisé seulement les résultats de Natura-2014. Pour les sapinières et les pinèdes grises, nous avons employé la moyenne des prévisions effectuées avec les 2 modèles. Toutefois, dans le cas des sapinières situées dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est et ayant une végétation potentielle MS2, nous avons utilisé seulement les résultats du modèle Artémis-2014. Ces choix ont été faits en fonction de recommandations tirées de Power et Auger (2018).

Ces 2 étapes successives permettent de générer, à chaque pas de la simulation, les caractéristiques des peuplements traités en EPC (densité, surface terrière, DMQ et VMB). L'absence de données à long terme sur les effets de l'EPC rend difficile l'évaluation du simulateur EsPaCe. Afin d'en vérifier les prévisions, nous avons donc comparé les prévisions du simulateur aux données observées dans les placettes temporaires de l'inventaire écoforestier du Québec méridional ayant des caractéristiques marchandes similaires aux mêmes âges, de même qu'aux prévisions des tables de rendement de Pothier et Savard (1998).

## 2.2 Données

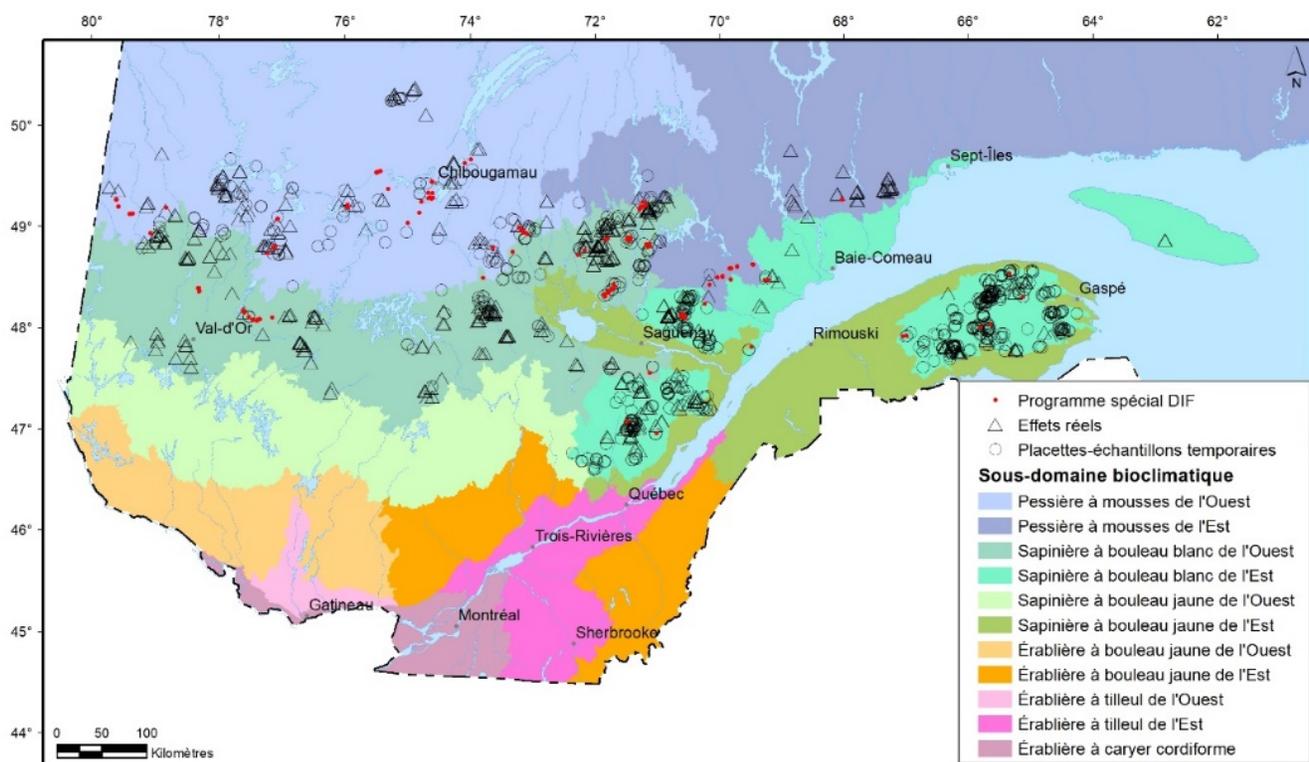
Nous avons utilisé 3 sources de données pour effectuer l'analyse, soit :

- 1) le dernier mesurage des placettes du réseau des effets réels de l'EPC,
- 2) les placettes des 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> inventaires écoforestiers du Québec méridional traitées en EPC (PET);
- 3) les placettes d'un programme spécial d'inventaire forestier de la Direction des inventaires forestiers portant sur les vieilles EPC (DIF; annexe).

Nous avons regroupé les placettes selon la stratification utilisée pour les courbes de production des peuplements naturels générées pour le calcul des possibilités forestières 2023-2028. Pour ce faire, nous avons tenu compte de leur groupement d'essences, du sous-domaine bioclimatique auquel elles appartiennent ainsi que du groupe de stations sur lequel elles sont situées (annexe). Le groupe de stations correspond à un regroupement de types écologiques, soit le groupe RES\_R (végétation potentielle RE2), le groupe RFi\_F (végétations potentielles MS2 et MS6 [2 placettes]) et le groupe RFi\_M (végétation potentielle RS2). Nous avons fixé à 39 placettes le seuil minimal pour qu'un groupe soit considéré dans l'analyse. Lorsque des placettes de 2 groupements d'essences apparentés avaient un comportement

similaire, nous les avons jumelées : les pessières (Ep) ont été regroupées avec les pessières à résineux (EpRx) sous l'appellation EpEpRx, et les sapinières (Sb), avec les sapinières à résineux (SbRx) sous l'appellation SbSbRx. Cela a permis de simplifier l'analyse des résultats et parfois, d'étendre l'analyse à des groupes qui, individuellement, n'avaient pas le nombre minimal requis de placettes.

En tout, nous avons retenu 12 groupes d'analyse et 1 165 placettes pour l'analyse des peuplements résineux traités en EPC (tableau 1, figure 1). Pour chacune des placettes, nous avons calculé l'âge de la placette en faisant la moyenne de l'âge des arbres dominants et codominants (déterminé à 1 m de hauteur). Nous avons ensuite simulé l'évolution des placettes à l'aide du simulateur EsPaCe sur une période de 150 ans. L'âge aux différentes périodes de simulation a été calculé en ajoutant le nombre d'années écoulées depuis le début de la simulation à l'âge de la placette au début de chaque simulation.



**Figure 1.** Carte de la répartition des placettes traitées en éclaircie précommerciale et dont l'évolution a été simulée avec EsPaCe.

**Tableau 1.** Nombre de placettes par groupe d'analyse.

Essence principale	Groupe d'analyse	Groupe de stations*	Sous-domaine bioclimatique	Nombre de placettes
Épinettes	Ep_RES_R_5O	RES_R	5 Ouest	103
	EpEpRx_RFi_M_5E	RFi_M	5 Est	60
	EpEpRx_RFi_M_5O	RFi_M	5 Ouest	112
	EpEpRx_RFi_M_6E	RFi_M	6 Est	48
	Ep_RES_R_6O	RES_R	6 Ouest	46
	EpEpRx_RFi_M_6O	RFi_M	6 Ouest	81
Pin gris	Pg_RES_R_5O	RES_R	5 Ouest	66
	Pg_RES_R_6O	RES_R	6 Ouest	62
Sapin	SbSbRx_RFi_F_5E	RFi_F	5 Est	415
	Sb_RFi_F_5O	RFi_F	5 Ouest	39
	SbSbRx_RFi_M_5E	RFi_M	5 Est	89
	SbRx_RFi_M_5O	RFi_M	5 Ouest	44
Total				1 165

\* RES\_R = végétation potentielle RE2 (Pessière noire à mousses); groupe RFi\_F = végétations potentielles MS2 (Sapinière à bouleau blanc) et MS6 (Sapinière à érable rouge); RFi\_M = végétation potentielle RS2 (Sapinière à épinette noire).

### 2.3 Analyses

Pour chacun des groupes, nous avons ajusté une régression polynomiale du 6<sup>e</sup> degré en fonction de l'âge de la placette pour le VMB et le DMQ des arbres marchands (éq. 1). Nous avons ensuite utilisé ces équations pour prédire les valeurs annuelles de VMB et de DMQ pour les âges allant de 20 à 150 ans, et ainsi obtenir des courbes de production en VMB et en DMQ pour les peuplements traités en EPC.

Pour chaque groupe, nous avons utilisé 2 courbes de production de peuplements naturels non traités provenant des courbes générées pour le calcul des possibilités forestières de la période 2023-2028. La courbe moyenne représente la moyenne des placettes de la strate, tandis que la courbe supérieure représente la moyenne des placettes des quartiles 3 et 4 de la distribution du VMB des placettes de la strate. Étant donné que les valeurs des courbes de production des peuplements non traités sont présentées par pas de 5 ans, nous avons aussi ajusté une régression polynomiale du 6<sup>e</sup> degré sur ces courbes (éq. 2) afin de produire des valeurs de VMB et de DMQ sur une base annuelle.

$$\text{Éq. 1} \quad y_{ij} = a_{ij} + a_{ij}^2 + a_{ij}^3 + a_{ij}^4 + a_{ij}^5 + a_{ij}^6 + \mu_i + \epsilon_{ij}$$

$$\text{Éq. 2} \quad y_j = a_j + a_j^2 + a_j^3 + a_j^4 + a_j^5 + a_j^6 + \epsilon_j$$

où  $y$  est la variable réponse (VMB ou DMQ),  $a$  est l'âge de la placette, les indices  $i$  et  $j$  représentent respectivement la placette et le pas de simulation,  $\mu$  est l'effet aléatoire de placette et  $\epsilon$  correspond à l'erreur résiduelle.

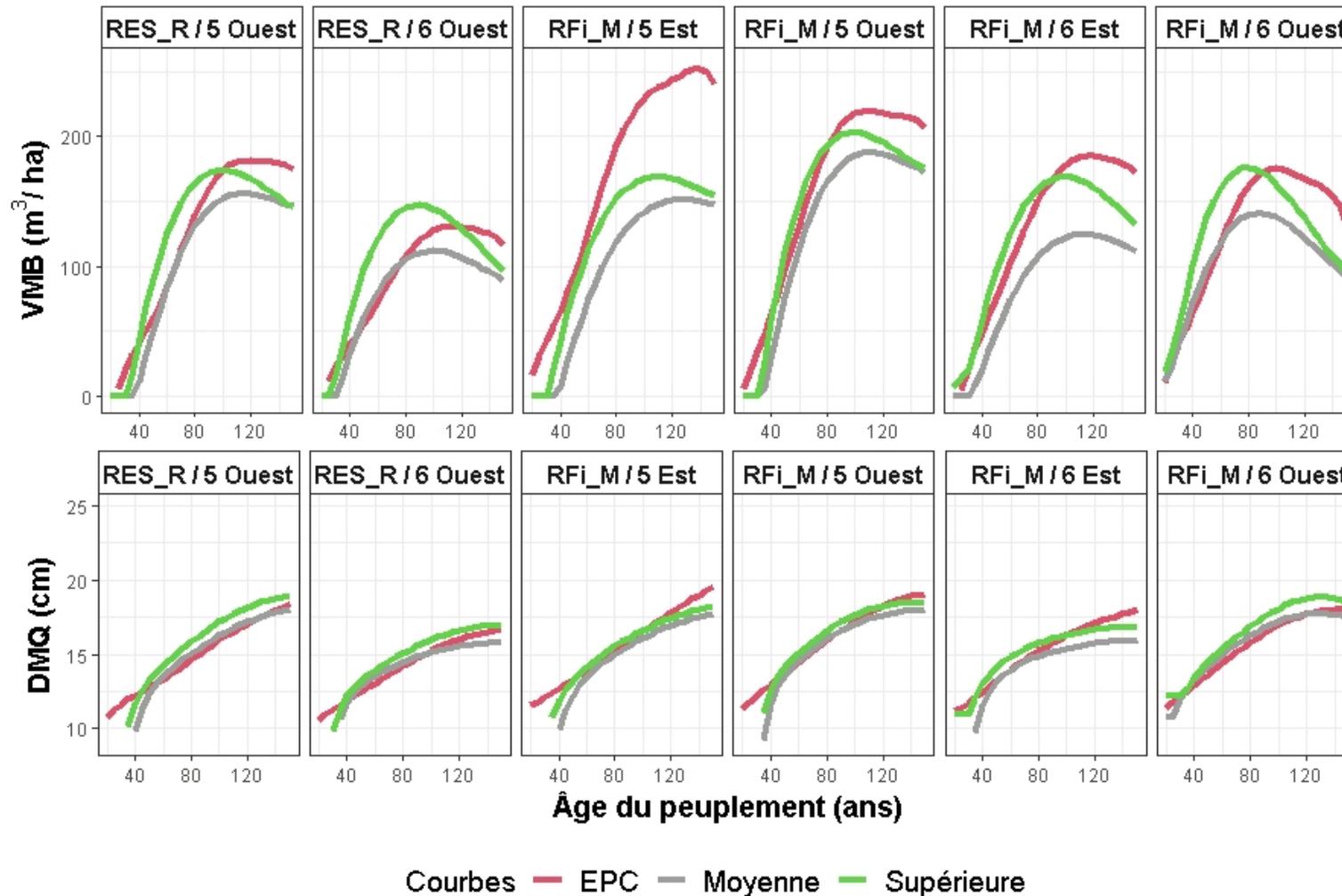
Nous avons calculé l'accroissement annuel moyen (AAM) en divisant le VMB prédit par l'âge, et ce, pour la courbe des peuplements traités en EPC et les 2 courbes des peuplements non traités. Nous avons déterminé la valeur maximale de l'AAM ( $AAM_{\text{Max}}$ ) et l'âge à laquelle cette valeur est atteinte (âge d'exploitabilité absolue), ainsi que le VMB et le DMQ à cet âge, pour les 3 courbes de chaque groupe d'analyse. Nous avons ensuite comparé les valeurs de ces caractéristiques par groupe d'analyse pour estimer l'effet de l'EPC.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Pessières

Parmi les combinaisons de groupements d'essences, de groupes de stations et de sous-domaines bioclimatiques réunissant les conditions nécessaires à l'analyse, les 6 groupes de pessières sont situés dans les sous-domaines bioclimatiques 5 Est, 5 Ouest, 6 Est et 6 Ouest. Quatre d'entre eux sont sur les stations du groupe RFi\_M, et 2 sont sur celles du groupe RES\_R. On remarque que le VMB des pessières plafonne à des valeurs allant de 125 à 252 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> entre 80 et 140 ans (figure 2). De manière générale, le volume des courbes de production EPC se situe entre ceux des courbes moyenne et supérieure des peuplements non traités, à l'exception du groupe de stations RFi\_M dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est, pour lequel la courbe EPC dépasse la courbe supérieure des peuplements non traités.

Dans les pessières, le DMQ atteint des valeurs de 16 à 19,5 cm au terme de la période d'évolution de 150 ans (figure 2). Les courbes des peuplements traités ou non en EPC sont de forme différente. Pour la courbe EPC, le DMQ évolue de manière linéaire, et il est généralement plus grand en bas âge que pour les peuplements non traités; toutefois, ces derniers le rejoignent rapidement. Selon le groupe d'analyse, le DMQ à 150 ans des courbes EPC se situe soit entre les courbes moyenne et supérieure des peuplements non traités, soit au-dessus de la courbe supérieure de ceux-ci (figure 2).



**Figure 2.** Courbes d'évolution du volume marchand brut (VMB) et du diamètre moyen quadratique (DMQ) des arbres marchands pour les pessières. La courbe « EPC » représente l'évolution moyenne des placettes traitées en EPC obtenue avec le simulateur EsPaCe, la courbe « Moyenne » représente la moyenne des peuplements non traités, alors que la courbe « Supérieure » représente l'évolution moyenne des peuplements non traités des 2 quartiles supérieurs de la distribution du VMB.

Les  $AAM_{Max}$  des groupes de pessières ont des valeurs de 1,3 à 2,7  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ , alors que leurs âges d'exploitabilité absolue vont de 53 à 90 ans (tableau 2). De manière générale, les âges d'exploitabilité absolue des courbes EPC sont plus élevés que ceux des courbes des peuplements non traités. Quant à la productivité des courbes EPC, représentée par l' $AAM_{Max}$ , elle est semblable à la courbe moyenne ou se situe entre celles des courbes supérieures et moyennes des peuplements non traités, à l'exception du groupe de stations RFi\_M dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est où elle est supérieure aux 2 courbes des peuplements non traités. Le DMQ des peuplements traités ressemble à celui de la courbe moyenne des peuplements non traités. Ces résultats tendent à indiquer que pour les groupes de pessières, la productivité et le DMQ des peuplements traités en EPC ne se distinguent pas de ceux des peuplements non traités.

### 3.2 *Pinèdes grises*

Nos données comportent 2 groupes d'analyse ayant le pin gris comme essence principale; tous deux sont situés sur les stations du groupe RES\_R, dans les sous-domaines bioclimatiques 5 Ouest et 6 Ouest. Le VMB atteint son maximum entre 71 et 109 ans, à des valeurs allant de 86 à 212  $m^3 \cdot ha^{-1}$  (figure 3). Dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest, la courbe EPC du VMB est supérieure à celles des peuplements non traités, alors que dans le sous-domaine bioclimatique 6 Ouest, elle est semblable à la courbe supérieure des peuplements non traités pendant le premier tiers de l'horizon de simulation, et se positionne au-dessus par la suite.

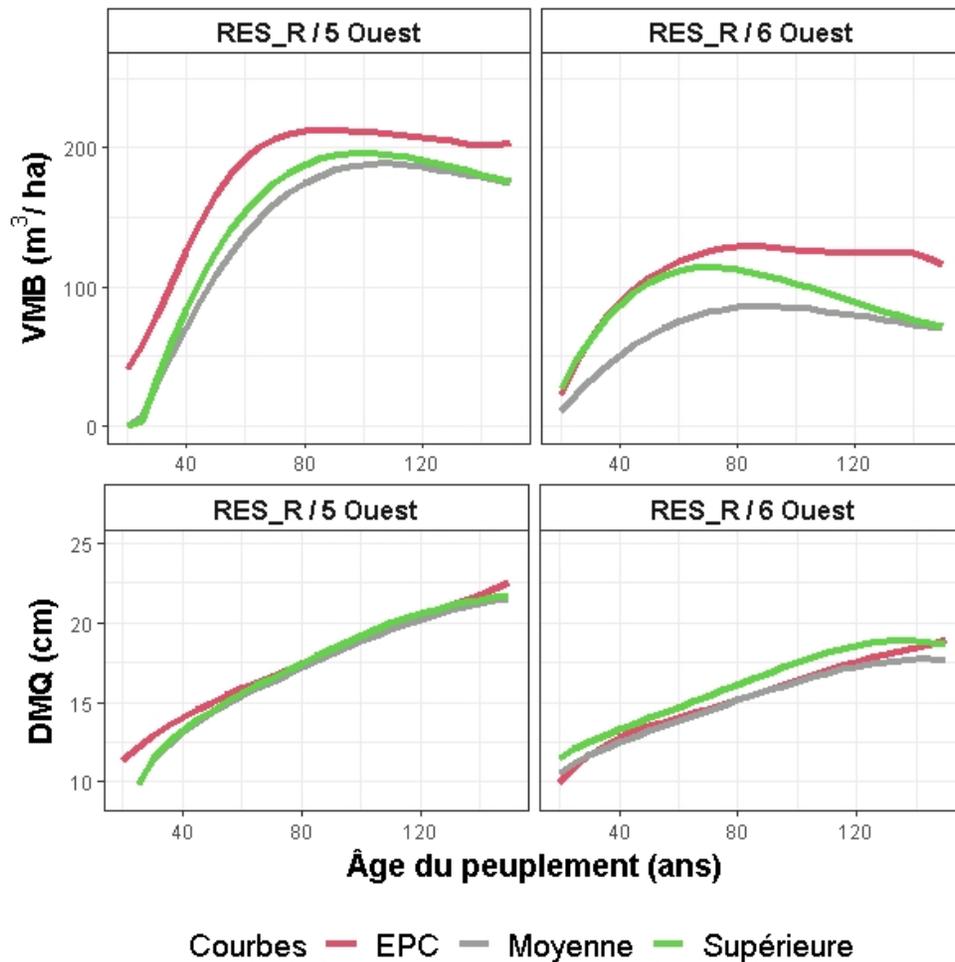
Pour les jeunes pinèdes grises dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest, le DMQ est plus grand pour la courbe EPC que pour les courbes des peuplements non traités (figure 3). En revanche, à partir de 70 ans, il suit la courbe supérieure des peuplements non traités et culmine à une valeur de 22,5 cm à 150 ans. Dans le sous-domaine bioclimatique 6 Ouest, le DMQ de la courbe EPC suit celui de la courbe moyenne des peuplements non traités jusqu'à environ 100 ans, pour ensuite rejoindre la courbe supérieure à 150 ans, avec une valeur de 19 cm.

L'âge d'exploitabilité absolue pour les pinèdes grises varie de 38 à 60 ans (tableau 2). La courbe EPC dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest présente l'âge le plus faible de ce groupe d'analyse (50 ans), avec l' $AAM_{Max}$  le plus grand (3,3  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ ). Dans le sous-domaine bioclimatique 6 Ouest, les âges d'exploitabilité absolue et les  $AAM_{Max}$  de la courbe EPC et de la courbe supérieure des peuplements non traités sont similaires (39 ans et 2,2  $m^3 \cdot ha^{-1}$ ).

Tableau 2. Âge d'exploitabilité absolue, valeur maximale de l'accroissement annuel moyen (AAM<sub>Max</sub>), volume marchand brut (VMB) et diamètre moyen quadratique (DMQ) des arbres marchands à l'âge d'exploitabilité absolue, par groupe d'analyse et type de courbe.

Essence principale	Groupe d'analyse	Groupe de stations	Sous-domaine bioclimatique	Courbe	Âge d'exploitabilité absolue (ans)	AAM <sub>Max</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )	VMB (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	DMQ (cm)
Épinettes	Ep_RES_R_50	RES_R	5 Ouest	Supérieure	68	2,2	147	15,2
				Moyenne	81	1,6	133	15,0
				EPC	90	1,8	159	15,3
	Ep_RES_R_60	RES_R	6 Ouest	Supérieure	60	2,1	123	14,1
				Moyenne	67	1,4	93	14,0
				EPC	83	1,3	112	14,4
	EpEpRx_RFi_M_5E	RFi_M	5 Est	Supérieure	69	2,0	135	14,7
				EPC	83	2,4	200	15,6
				Moyenne	84	1,5	125	14,9
	EpEpRx_RFi_M_5O	RFi_M	5 Ouest	Supérieure	66	2,6	169	15,9
				Moyenne	75	2,1	156	15,9
				EPC	78	2,4	187	15,8
	EpEpRx_RFi_M_6E	RFi_M	6 Est	Supérieure	66	2,1	139	15,3
				Moyenne	76	1,3	102	14,8
				EPC	82	1,9	153	15,3
	EpEpRx_RFi_M_6O	RFi_M	6 Ouest	Supérieure	53	2,7	145	14,8
				Moyenne	56	2,0	111	14,7
				EPC	73	2,0	149	15,3
Pin gris	Pg_RES_R_50	RES_R	5 Ouest	EPC	50	3,3	165	15,0
				Supérieure	60	2,6	155	15,5
				Moyenne	64	2,3	148	15,7
	Pg_RES_R_60	RES_R	6 Ouest	Supérieure	38	2,2	83	13,2
				EPC	39	2,2	86	12,7
				Moyenne	48	1,3	62	13,1

Essence principale	Groupe d'analyse	Groupe de stations	Sous-domaine bioclimatique	Courbe	Âge d'exploitabilité absolue (ans)	AAM <sub>Max</sub> (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> )	VMB (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	DMQ (cm)
Sapin	SbSbRx_RFi_F_5E	RFi_F	5 Est	EPC	48	3,4	165	15,9
				Supérieure	59	2,7	161	15,6
				Moyenne	68	2,3	159	16,1
	Sb_RFi_F_5O	RFi_F	5 Ouest	Supérieure	37	3,3	123	15,5
				EPC	49	3,3	160	15,7
				Moyenne	45	2,1	96	15,5
	SbSbRx_RFi_M_5E	RFi_M	5 Est	EPC	58	2,8	162	15,3
				Supérieure	58	1,9	110	14,4
				Moyenne	71	1,5	104	14,9
	SbRx_RFi_M_5O	RFi_M	5 Ouest	EPC	59	3,1	182	15,7
				Supérieure	54	2,7	144	15,7
				Moyenne	63	2,1	131	15,5



**Figure 3.** Courbes d'évolution du volume marchand brut (VMB) et du diamètre moyen quadratique (DMQ) des arbres marchands pour les pinèdes grises. La courbe « EPC » représente l'évolution moyenne des placettes traitées en EPC obtenue avec le simulateur EsPaCe, la courbe « Moyenne » représente la moyenne des peuplements non traités, alors que la courbe « Supérieure » représente l'évolution moyenne des peuplements non traités des 2 quartiles supérieurs de la distribution du VMB.

Le gain en productivité et en DMQ découlant de l'EPC pour les pinèdes grises semble se situer dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest. En effet, dans le sous-domaine bioclimatique région 6 Ouest, la courbe EPC se comporte de façon semblable à la courbe supérieure des peuplements non traités. Ce résultat nous amène à suggérer d'appliquer l'EPC en priorité aux pinèdes grises dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest, puisque les conditions y semblent plus favorables au développement de ce type de peuplements.

### 3.3 Sapinières

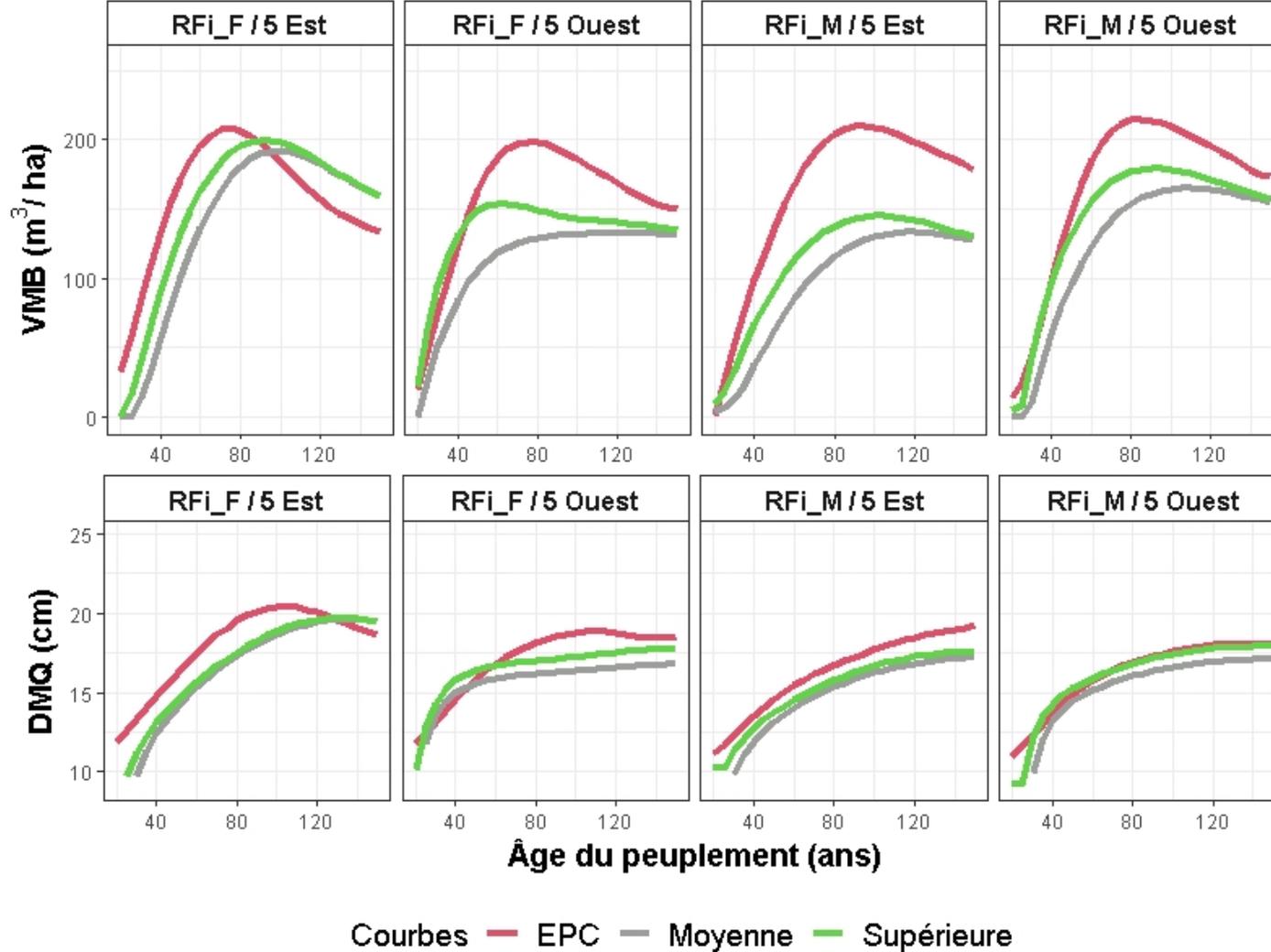
Quatre groupes de sapinières ont été analysés, soit 2 sur les stations du groupe RFi\_F et 2 sur celles du groupe RFi\_M, situées dans les sous-domaines bioclimatiques 5 Est et 5 Ouest. Le VMB des sapinières

plafonne à des valeurs allant de 133 à 215 m<sup>3</sup>/ha lorsque l'âge du peuplement atteint de 62 à 119 ans (figure 4). Le maximum des courbes EPC pour le VMB est supérieur à celui des courbes des peuplements non traités. De plus, pour le groupe de stations RFi\_M (sous-domaine bioclimatique 5 Est), le VMB des courbes EPC est supérieur à celui des courbes des peuplements non traités pendant toute la période de simulation. Pour le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest, le VMB des courbes EPC se superpose ou est légèrement inférieur à celui de la courbe supérieure des peuplements non traités pour le premier tiers de la simulation, puis il le dépasse (figure 4).

Le DMQ des sapinières plafonne à des valeurs allant de 16,5 à 20,5 cm (figure 4). La valeur maximale du DMQ est atteinte à la fin de la période de simulation, sauf pour la courbe EPC sur le groupe de stations RFi\_F (sous-domaine bioclimatique 5 Est), qui atteint son maximum à 120 ans. Pour le groupe de stations RFi\_M dans le sous-domaine 5 Est, la courbe EPC demeure supérieure aux autres pendant toute la période de simulation. Par contre, dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest, le DMQ des courbes EPC rejoint celui des courbes des peuplements non traités en jeune âge, pour ensuite suivre la courbe supérieure de ceux-ci pour les stations du groupe RFi\_M et la dépasser sur celles du groupe RFi\_F.

L'âge d'exploitabilité absolue des sapinières varie de 37 à 71 ans, avec des AAM<sub>Max</sub> allant de 1,5 à 3,3 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup> (tableau 2). Dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est, les âges des courbes EPC sont inférieurs ou égaux à ceux des courbes des peuplements non traités. Toutefois, dans le sous-domaine 5 Ouest, l'âge d'exploitabilité de la courbe EPC est soit entre ceux de la courbe supérieure et de la courbe moyenne des peuplements non traités (groupe RFi\_M), soit légèrement supérieur à celui de la courbe moyenne des peuplements non traités (groupe RFi\_F). Les valeurs d'AAM<sub>Max</sub> sont généralement supérieures pour les courbes EPC, sauf pour les stations du groupe RFi\_F dans le sous-domaine 5 Ouest, où l'AAM<sub>Max</sub> de la courbe EPC et celui de la courbe supérieure des peuplements non traités sont égaux.

Dans le cas des sapinières, les courbes EPC prévoient des productivités supérieures aux courbes des peuplements non traités pour 3 des 4 groupes d'analyse. Pour ces 3 groupes (RFi\_F et RFi\_M dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est et RFi\_M dans le sous-domaine 5 Ouest), les DMQ sont supérieurs, eux aussi, à ceux des courbes des peuplements non traités. Ces résultats suggèrent que les sapinières du sous-domaine bioclimatique 5 Est et celles du sous-domaine 5 Ouest sur le groupe de stations RFi\_M seraient celles à cibler en priorité pour la réalisation de traitements d'EPC.



**Figure 4.** Courbes d'évolution du volume marchand brut (VMB) et du diamètre moyen quadratique (DMQ) des arbres marchands pour les sapinières. La courbe « EPC » représente l'évolution moyenne des placettes traitées en EPC obtenue avec le simulateur EsPaCe, la courbe « Moyenne » représente la moyenne des peuplements non traités, alors que la courbe « Supérieure » représente l'évolution moyenne des peuplements non traités des 2 quartiles supérieurs de la distribution du VMB.

#### **4. Interprétation des résultats**

Cet avis technique a pour but de comparer des courbes de production de peuplements naturels traités en EPC aux courbes correspondantes de peuplements non traités. Cependant, compte tenu des limites du travail, les différences entre les courbes des peuplements traités ou non en EPC ne doivent pas être considérées comme une mesure directe des effets de ce traitement. Notamment, il ne s'agit pas de comparaisons entre des peuplements témoins et traités en EPC qui auraient eu initialement les mêmes caractéristiques. Il faut plutôt voir le présent travail comme une prévision de la production des peuplements traités en EPC effectuée avec les meilleurs outils disponibles actuellement, mais pour lesquels des incertitudes demeurent. Les résultats peuvent donc être utilisés pour aider la sélection des peuplements à traiter prioritairement en EPC, mais ne devraient pas servir pour prévoir d'éventuels gains engendrés par ce traitement quant au volume, au diamètre ou à l'âge d'exploitabilité.

Les données ayant servi à concevoir les courbes EPC sont moins nombreuses que celles ayant servi à concevoir les courbes de peuplements non traités. Elles couvrent aussi une moins grande diversité de types écologiques. De plus, leur échantillonnage ne représente pas nécessairement toute la distribution des peuplements traités en EPC sur l'ensemble du territoire. Par exemple, la grande représentation des régions écologiques 5i-S, 5i-T et 5h-T de la Gaspésie dans les sapinières du groupe de stations RFi\_F dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est (68 % des placettes) peut contribuer à la prévision de gros volumes. D'autres groupes d'analyse, comme les sapinières sur le groupe de stations RFi\_F dans le sous-domaine bioclimatique 5 Ouest et les pessières sur le groupe RES\_R dans le sous-domaine 6 Ouest, comportent seulement 39 et 46 placettes, respectivement. Ce nombre est près de la limite inférieure fixée afin de pouvoir juger raisonnablement du comportement des peuplements traités partageant les mêmes caractéristiques.

Certaines différences observées entre les courbes des peuplements traités ou non pourraient également provenir du fait que plusieurs modèles sont utilisés. En effet, les courbes EPC ont été conçues avec les simulations des modèles EsPaCe, Artémis-2014 et Natura-2014, alors que les courbes des peuplements non traités proviennent entièrement des prévisions des modèles Artémis-2014 et Natura-2014. De plus, les résultats des simulations lors de la transition du modèle EsPaCe aux modèles Artémis et Natura se situent à la limite des données de calibration de ces 2 derniers modèles. De surcroît, les jeunes peuplements denses, considérés comme propices à l'application d'une EPC, sont faiblement représentés dans les données de calibration des modèles Artémis-2014 et Natura-2014, ce qui peut affecter la fiabilité des prévisions.

#### **5. Recommandations**

En tenant compte des résultats obtenus et des limites de cette étude, nous recommandons d'appliquer le traitement d'EPC en priorisant les peuplements pour lesquels des gains en production peuvent être

anticipés. Ainsi, pour les peuplements d'épinettes, ce sont les groupes de stations RFi\_M (végétation potentielle RS2 dans nos données) dans le sous-domaine bioclimatique 5 Est. Pour les sapinières, le traitement d'EPC a montré des gains en production pour tous les groupes d'analyse à l'étude constitués de peuplements du domaine bioclimatique 5. Conséquemment, les sapinières se développant dans ces conditions devraient être priorisées. Pour les pinèdes grises, c'est dans le sous-domaine 5 Ouest que la courbe EPC présente une production et un diamètre plus grands que la courbe supérieure des peuplements non traités. Cette augmentation justifie l'intérêt de traiter en EPC des pinèdes grises pour ce sous-domaine.

Les risques associés à la simplification de la composition des peuplements traités en EPC doivent cependant être pris en considération. Notamment, la diminution de la densité ou la modification de la composition pourrait se traduire par un risque accru de dommages par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)). De plus, dans un contexte de changements globaux, la décision de réaliser ou non des EPC devrait prendre en compte la préservation d'une diversité d'espèces permettant une plus grande résilience des peuplements (Mina *et al.* 2021).

Compte tenu des incertitudes liées aux effets de l'EPC, il sera important de poursuivre le mesurage des placettes du réseau de suivi des effets réels de ce traitement afin de vérifier les trajectoires présentées dans le présent avis technique. Ce suivi devrait être associé périodiquement à une révision non seulement des courbes de production des peuplements traités en EPC, mais également du simulateur EsPaCe, qui gagnera à inclure des données de calibration d'une plus grande profondeur temporelle.

## 6. Références bibliographiques

[CCSMAF] Comité consultatif scientifique du Manuel d'aménagement forestier, 2002. *Le traitement d'éclaircie précommerciale pour le groupe de production prioritaire SEPM*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Avis scientifique. 125 p.

<https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/connaissances/recherche/Avis-scient-precom.pdf>

Duchateau, E., *et al.* (en préparation). *Modeling the effects of precommercial thinning on the growth of young stands*.

[MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2017. *Ressources et industrie forestière du Québec — Portrait statistique, édition 2017*. Gouvernement du Québec, ministères des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de l'industrie des produits du bois. Portrait statistique. 124 p.

<https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/portrait-statistique-2017.pdf>

- Mina, M., C. Messier, M. Duveneck, M.-J. Fortin et N. Aquilué, 2021. *Network analysis can guide resilience-based management in forest landscapes under global change*. *Ecol. Appl.* 31(1): 1-18.  
<https://doi.org/10.1002/eap.2221>
- [MRN] Ministère des Ressources naturelles, 1998. *Manuel d'aménagement forestier, 3<sup>e</sup> édition*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles. 122 p.
- Pitt, D.G. et L. Lanteigne, 2008. *Long-term outcome of precommercial thinning in northwestern New Brunswick: growth and yield of balsam fir and red spruce*. *Can. J. For. Res.* 38(3): 592-610.  
<https://doi.org/10.1139/X07-132>
- Pothier, D., 2002. *Twenty-year results of precommercial thinning in a balsam fir stand*. *For. Ecol. Manage.* 168(1-3): 177-186. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00738-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00738-1)
- Pothier, D. et F. Savard, 1998. *Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 183 p.  
<https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/connaissances/actualisation-tables-production.pdf>
- Power, H. et I. Auger, 2018. *Comparaison des prévisions à court et à long terme d'un modèle de croissance à l'échelle du peuplement avec celles d'un modèle à l'échelle de l'arbre*. *For. Chron.* 94(1): 47-60. <https://doi.org/10.5558/tfc2018-007>
- Tong, Q.J. et S.Y. Zhang, 2005. *Impact of initial spacing and precommercial thinning on jack pine tree growth and stem quality*. *For. Chron.* 81(3): 418-428. <https://doi.org/10.5558/tfc81418-3>
- Tremblay, S., F. Guillemette et M. Barette, 2013. « Chapitre 14 — L'éclaircie précommerciale ». Dans : Ministère des Ressources naturelles (éd.). *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. 272-299.

Tremblay, S., H. Power et I. Auger, 2019. *Effets réels de l'éclaircie précommerciale : évaluation des prévisions des modèles de croissance Natura-2014 et Artémis-2014 dans des peuplements résineux propices à une éclaircie précommerciale*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière no 153. 32 p.

<https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/recherche/Note153.pdf>

Zhang, S.Y., G. Chauret, D.E. Swift et I. Duchesne, 2006. *Effects of precommercial thinning on tree growth and lumber quality in a jack pine stand in New Brunswick, Canada*. Can. J. For. Res. 36(4): 945-952. <https://doi.org/10.1139/x05-307>

Hugues Power, ing.f., Ph. D.  
Direction de la recherche forestière  
Service de la sylviculture et du rendement des forêts

Emmanuel Duchateau, biol., Ph. D.  
Direction de la recherche forestière  
Service de la sylviculture et du rendement des forêts

Isabelle Auger, stat., M. Sc.  
Direction de la recherche forestière  
Service du soutien scientifique

Stéphane Tremblay, ing.f., M. Sc.  
Direction de la recherche forestière  
Service de la sylviculture et du rendement des forêts

**Annexe.** Nombre de placettes par groupe d'essences, sous-domaine bioclimatique, groupe de stations et source de données.

Groupe d'essences*	Sous-domaine bioclimatique	Groupe de stations†	Source‡	Nombre de placettes
Ep	5O	RES_R	DIF	25
			ER	73
			PET	33
Ep	6O	RES_R	DIF	13
			ER	44
			PET	16
EpEpRx	5E	Rfi_M	DIF	5
			ER	19
			PET	48
EpEpRx	5O	Rfi_M	DIF	22
			ER	52
			PET	46
EpEpRx	6E	Rfi_M	DIF	15
			ER	34
			PET	8
EpEpRx	6O	Rfi_M	DIF	19
			ER	29
			PET	43
Pg	5O	RES_R	DIF	24
			ER	31
			PET	14
Pg	6O	RES_R	DIF	19
			ER	15
			PET	29
Sb	5O	Rfi_F	DIF	6
			ER	11
			PET	26
SbRx	5O	Rfi_M	DIF	10
			ER	19
			PET	24
SbSbRx	5E	Rfi_F	DIF	18
			ER	67
			PET	378
SbSbRx	5E	Rfi_M	DIF	2
			ER	26
			PET	71
Tous	Tous	Tous	DIF	178
			ER	420
			PET	736

\* Ep = pessières; EpRx = pessières à résineux; EpEpRx = regroupement des pessières et des pessières à résineux; Pg = pessières grises; Sb = sapinières; SbRx = sapinières à résineux; SbSbRx = regroupement des sapinières et des sapinières à résineux.

† RES\_R = végétation potentielle RE2 (Pessière noire à mousses); groupe Rfi\_F = végétations potentielles MS2 (Sapinière à bouleau blanc) et MS6 (Sapinière à érable rouge); Rfi\_M = végétation potentielle RS2 (Sapinière à épinette noire).

‡ DIF = placettes d'un programme spécial d'inventaire forestier de la Direction des inventaires forestiers; PET = placettes-échantillons temporaires des 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> inventaires écoforestiers du Québec méridional traitées en EPC; ER = dernier mesurage des placettes du réseau de suivi des effets réels de l'EPC.