Ministère des Forêts,
de la Faune
et des Parcs
Québec

Direction de la recherche forestière

Avis technique SSS-03

Titre :	**Estimation de la proportion de volume marchand laissée en forêt en fonction de diamètres d'utilisation, pour les principales essences commerciales de la forêt boréale et mélangée**
Responsables :	Isabelle Auger, stat. ASSQ, M. Sc., Filip Havreljuk, ing. f., *Ph. D.* et Hugues Power, ing. f., *Ph. D.*
Date :	Septembre 2016

1. Contexte

Au Québec, les industriels qui réalisent des activités d'aménagement forestier dans les forêts du domaine de l'État sont tenus de récolter la totalité du volume de matière ligneuse utilisable des essences ou des groupes d'essences inscrits sur leur permis annuel d'intervention, en vertu du Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État (RNI; Québec 2016). Dans ce contexte, la matière ligneuse utilisable se définit comme le volume sain présent dans une pièce de bois jusqu'à l'endroit où le diamètre de cette pièce devient inférieur au diamètre minimal d'utilisation inscrit au permis (MRN 1999, Québec 2016). Celui-ci correspond au diamètre d'écimage, c'est-à-dire au diamètre au fin bout d'une tige. Habituellement, le diamètre minimal d'utilisation est de 9 cm; toute partie de tige dont le diamètre est supérieur à 9 cm est considérée comme utilisable et comptée dans le volume marchand.

Il arrive, dans certaines situations et après entente avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), que le diamètre minimal d'utilisation soit différent. C'est le cas, par exemple, lorsque le volume et la qualité de la matière ligneuse ne répondent pas aux besoins du détenteur de permis, et que ce dernier n'a pas intérêt à le transporter jusqu'à son usine (MFFP 2015). Par exemple, pour le groupe d'essences SEPM (sapin, épinettes, pin gris et mélèzes), le diamètre minimal d'utilisation peut être fixé à 13 cm. Le volume marchand attribué aux détenteurs de permis pour les tiges dont le diamètre est égal ou inférieur à cette limite est alors comptabilisé comme du volume récolté, même s'il peut être laissé sur le parterre de

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

2700, rue Einstein, bureau C.1.325.1
Québec (Québec) G1P 3W8
Tél : 418 643-7994 poste 6650
Télécopieur : 418 643-2165
Courriel : isabelle.auger@mffp.gouv.qc.ca
http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche/index.jsp

coupe sans pénalité ou droit de coupe à payer. Ce volume « non désiré » diffère du volume dit « sans preneur » (c.-à-d. le volume de bois non utilisé qui n'est pas comptabilisé au contrat de vente).

Récemment, avec le contexte économique difficile et l'apparition de nouvelles modalités ou ententes liées à l'utilisation de la matière ligneuse, il est devenu nécessaire d'estimer les volumes laissés sur le parterre de coupe à la suite des ententes entre le MFFP et le détenteur de permis. Cette information sert notamment aux directions régionales du MFFP pour planifier et produire des plans d'aménagement forestier intégrés, à la Direction de la gestion des stocks ligneux pour attribuer et gérer des stocks ligneux et au Bureau de mise en marché des bois pour préciser le volume et la valeur des bois dans l'élaboration des contrats de vente. Or, les outils actuels ne permettent pas d'estimer facilement ce volume de bois laissé en forêt lors des opérations de récolte. À notre connaissance, aucune méthode uniformisée ne permet d'estimer ce volume pour le groupe d'essences SEPM. De plus, les différences régionales de volume marchand rejeté en fonction du diamètre d'utilisation ne sont pas connues. L'estimation du volume marchand rejeté en fonction de différents diamètres d'utilisation permettrait de mieux attribuer les bois aux usines de transformation et de quantifier la matière ligneuse utilisable pour d'autres utilisations émergentes, comme la biomasse.

Au printemps 2016, la Direction de la planification et gestion forestière a demandé à la Direction de la recherche forestière de proposer une méthode simple pour estimer les écarts de volume en fonction de différents diamètres d'écimage, soit 9, 11 et 13 cm, pour les arbres du groupe d'essences SEPM. La solution proposée devait être facilement utilisable à partir des données courantes provenant des inventaires forestiers réalisés afin de construire les tables de stock. Pour répondre à cette demande, nous avons utilisé les équations de défilement de Schneider *et al.* (2013, 2014) pour estimer le volume des tiges en fonction des différents diamètres d'utilisation. Nous avons produit un tableau de la proportion rejetée du volume marchand brut par tige par rapport au diamètre d'utilisation habituel (9 cm) en fonction du diamètre d'utilisation modifié (11 et 13 cm), du diamètre à hauteur de poitrine (1,3 m; DHP) et de la hauteur de l'arbre pour les principales essences de la forêt boréale et mélangée.

2. Méthodologie

2.1. Données

Dans le cadre du présent travail, nous avons utilisé les équations de défilement de Schneider *et al.* (2013, 2014) qui ont été étalonnées à partir d'arbres répartis sur l'ensemble du territoire du Québec pour les 10 essences commerciales suivantes : le sapin baumier (SAB), l'épinette blanche (EPB), l'épinette noire (EPN), l'épinette rouge (EPR), le pin blanc (PIB), le pin gris (PIG), thuya occidental (THO), le peuplier faux-tremble (PET), le peuplier à grandes dents (PEG) et le bouleau à papier (BOP). Ces équations de défilement nous ont permis d'estimer la proportion rejetée du volume marchand brut (ΔV) en fonction des différents diamètres d'utilisation (Fortin *et al*. 2013).

2.2. Analyse de l'effet des variables explicatives des équations de défilement sur le volume de l'arbre

Les équations de défilement de Schneider *et al.* (2013, 2014) ont été étalonnées à l'aide de variables explicatives mesurées à l'échelle de l'arbre (DHP, hauteur) et de la placette (surface terrière marchande, densité des arbres marchands, drainage, végétation potentielle, sous-domaine bioclimatique et altitude). Afin d'identifier les variables les plus importantes pour estimer le volume à un diamètre d'utilisation donné, nous avons d'abord vérifié l'effet des variables explicatives, seules ou en combinaison (p. ex. la surface terrière en fonction de la densité), sur le volume de l'arbre. Pour chaque variable continue, nous avons utilisé les valeurs des 10^{e}, 25^{e}, 50^{e}, 75^{e} et 90^{e} percentiles, alors que pour les variables catégoriques, nous avons utilisé les classes de variables. Par la suite, en respectant les paramètres des équations de défilement de chaque essence, nous avons estimé le volume en fonction du DHP et des différentes valeurs des variables explicatives. Cette étape a montré les effets importants du DHP et de la hauteur sur le volume d'un arbre. En revanche, les variables à l'échelle de la placette avaient généralement un effet négligeable sur le volume de l'ensemble des essences.

2.3. Estimation des volumes

Dans un souci d'uniformité et de facilité d'utilisation, nous avons effectué l'estimation finale du volume pour chaque essence avec le modèle de défilement à l'échelle de l'arbre (Annexe 4 de Schneider *et al.* 2013 et modèle arbre du tableau 2 de Schneider *et al*. 2014). Nous avons estimé le volume par intégration numérique de sections de hauteur de 1 cm le long de la tige avec l'équation présentée à l'annexe D de Fortin *et al.* (2013), et ce, pour chaque essence, en fonction des diamètres d'utilisation (9 cm [V_9], 11 cm [V_{11}] et 13 cm [V_{13}]), par classe de DHP et par classe de hauteur. Afin d'intégrer l'effet de la hauteur sur le volume, pour chaque combinaison d'essence et de DHP, nous avons établi 3 classes de hauteur (petite, moyenne et grande) en divisant l'étendue de variation des hauteurs en 3 classes égales. Une fois le volume calculé pour toutes les combinaisons, nous avons calculé la proportion rejetée du volume marchand par tige selon 2 scénarios, soit un écimage à 11 cm ($\Delta V_{9\text{-}11}$, Eq. 1) et un écimage à 13 cm ($\Delta V_{9\text{-}13}$, Eq. 2). Par conséquent, nous avons établi un ΔV différent pour chaque essence, classe de DHP, classe de hauteur et diamètre d'utilisation.

$$\Delta V_{9\text{-}11} = (V_9 - V_{11})/V_9 \times 100 \qquad \text{[Éq. 1]}$$

$$\Delta V_{9\text{-}13} = (V_9 - V_{13})/V_9 \times 100 \qquad \text{[Éq. 2]}$$

3. Résultats et discussion

Malgré leur étendue de variabilité souvent très grande, l'effet des variables à l'échelle de la placette sur le ΔV lors d'un écimage à 11 ou 13 cm s'avère marginal. Mis à part l'effet de la surface terrière pour l'EPR, l'ensemble des variables à l'échelle de la placette font varier de moins de 5 % le ΔV lors d'un écimage à 13 cm. En conséquence, et comme l'inclusion de plusieurs variables explicatives risquait de restreindre l'utilisation du tableau, nous n'avons retenu que le DHP et la hauteur totale de l'arbre comme variables explicatives de ΔV lors d'un écimage à diamètre plus grand que 9 cm.

Lors d'un écimage à 11 cm, ΔV varie de 49 à 70 % pour les grands arbres de 12 cm de DHP, alors qu'il est inférieur à 1 % pour les arbres de 44 cm et plus de DHP, toutes essences et hauteurs confondues (Tableau 1, figure 1). Lors d'un écimage à 13 cm, ΔV varie de 63 à 81 % pour les grands arbres de 14 cm de DHP et diminue à moins de 2 % pour les arbres de 44 cm et plus de DHP pour l'ensemble des essences, toutes classes de hauteur confondues (Tableau 2, figure 2).

L'examen des figures 1 et 2 nous montre que ΔV varie principalement en fonction du DHP de l'arbre, et que cette variation tend à diminuer à mesure que le DHP augmente. Ce résultat peut être attribué à la nature même de la variable réponse, qui est le rapport entre le volume rejeté et le volume marchand brut total de l'arbre. Par conséquent, la proportion rejetée lors d'un écimage à un plus grand diamètre est plus importante pour les arbres de petits DHP, ceux-ci ayant un volume marchand brut plus faible. On remarque aussi que la proportion rejetée de volume marchand brut chez les arbres de plus grand DHP est plus élevée si le diamètre d'utilisation s'accroit. En effet, comme les grands arbres ont un défilement plus faible, un diamètre d'utilisation plus grand (11 ou 13 cm) représente une plus longue section de tige. Comme cette section du tronc renferme un plus grand volume, la proportion rejetée du volume marchand (c.-à-d., ΔV) augmente.

Des différences peuvent être observées entre les essences, particulièrement pour les arbres avec un petit DHP. Le PEG et le PIB sont les essences pour lesquelles le ΔV est le plus important, probablement à cause de leur faible défilement. Le PET a également une forte valeur de ΔV pour les arbres de 12 cm de DHP lors d'un écimage à 11 cm, et de 14 cm de DHP lors d'un écimage à 13 cm. Cependant, la valeur de ΔV pour cette essence diminue plus rapidement avec l'augmentation du DHP.

L'effet de la hauteur sur ΔV varie également en fonction des essences. Pour le SAB et le THO, la classe de hauteur n'a qu'un effet plutôt faible sur ΔV (différence d'environ 10 % pour les petits DHP); dans le cas du SAB, cet effet s'atténue rapidement avec l'augmentation du DHP. À l'opposé, le BOP et les peupliers montrent des effets plus importants de la hauteur (jusqu'à 28 % de différence pour le PET). L'effet de la hauteur est beaucoup plus important pour les arbres de petit DHP que pour ceux de grand DHP. Ce phénomène peut s'expliquer par le rapport plus important de la partie rejetée sur le volume marchand dans les arbres de petit DHP. Conséquemment, la partie rejetée lors d'une augmentation du diamètre d'utilisation est plus importante lorsque l'arbre est haut et que son DHP est petit. Peu importe les essences et la hauteur, nos résultats montrent que ΔV est inférieur à 5 % pour les tiges dont le DHP est ≥24 cm, lorsque le diamètre d'utilisation est de 11 cm. Il en est de même pour les tiges dont le DHP est ≥30 cm, lorsque le diamètre d'utilisation est de 13 cm.

4. Conclusion et recommandations

Les tableaux 1 et 2 présentent l'estimation de la proportion de volume marchand laissée en forêt en fonction de diamètres d'utilisation, pour les principales essences commerciales de la forêt boréale et mélangée. Les résultats du présent travail montrent l'importance de considérer le diamètre de l'arbre dans le calcul de la

proportion rejetée du volume marchand brut en fonction du diamètre d'utilisation (c.-à-d. le diamètre d'écimage). Compte tenu de l'effet de la hauteur sur le défilement des tiges, cette variable permet également de préciser la proportion rejetée du volume marchand brut. La hauteur des arbres devrait être prise en compte lorsque les peuplements évalués sont constitués majoritairement de tiges de faible DHP. Par contre, pour les peuplements composés principalement de tiges de gros DHP, la hauteur n'a qu'un effet négligeable sur l'estimation de la proportion rejetée du volume marchand brut par tige, et pourrait donc être ignorée. Dans ce cas, la classe de hauteur moyenne par essence et classe de DHP pourra être utilisée pour estimer la proportion rejetée de volume marchand. Pour l'ensemble des essences, les variables à l'échelle de la placette n'ont que peu ou pas d'effet sur la variation de la proportion rejetée du volume marchand. Cela suggère que la proportion rejetée du volume marchand brut peut être établie avec justesse à partir des variables à l'échelle de l'arbre.

5. Références

Fortin, M., R. Schneider et J.-P. Saucier, 2013. *Volume and error variance estimation using integrated stem taper models*. For. Sci. 59(3): 345–358. doi: 10.5849/forsci.11-146.

[MFFP] Ministère des Forêts de la Faune et des Parcs, 2015. *Sommaire du Plan d'aménagement forestier intégré tactique (PAFIT) — Région Côte-Nord — Unité d'aménagement 097-51*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction générale du secteur nord-est et Direction de la gestion des forêts Côte-Nord, Baie-Comeau, QC. [http://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/consultation/cote-nord/octobre-2015/Sommaire-097-51.pdf]

[MRN] Ministère des Ressources naturelles, 1999. *Inventaire de la matière ligneuse utilisable mais non récoltée dans les aires de coupe — Instructions*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Division des permis d'intervention et de l'utilisation polyvalente, Direction de l'assistance technique. [https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/matli.pdf]

Québec, 2016. *Règlement sur les normes d'intervention dans les forêts du domaine de l'État, chapitre A-18.1, r. 7*. À jour au 1er juin 2016. Éditeur officiel du Québec. 64 p. [http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cr/A-18.1, R. 7.pdf]

Schneider, R., M. Fortin et J.-P. Saucier, 2013. *Équations de défilement en forêt naturelle pour les principales essences commerciales du Québec (version corrigée janvier 2014)*. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 167. 40 p. [https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire167.pdf]

Schneider, R., M. Fortin et J.-P. Saucier, 2014. *Équation de défilement pour le pin gris en peuplement naturel au Québec*. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 139. [https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Note139.pdf]

Tableau 1. Proportion rejetée du volume marchand brut pour un diamètre d'utilisation de 11 cm ($\Delta V_{9\text{-}11}$) en fonction de l'essence, de la classe de DHP et de la classe de hauteur de l'arbre ([H1, H2[: étendue de la classe de hauteur, en m).

Essence*	Classe de hauteur	Classe de DHP																	
		12 cm		14 cm		16 cm		18 cm		20 cm		22 cm		24 cm		26 cm		28 cm	
		[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)
SAB	petite	*6-9*	41,8	*7-10*	20,0	*8-11*	12,1	*8-12*	8,2	*9-13*	5,9	*9-13*	4,4	*10-14*	3,4	*10-14*	2,7	*11-15*	2,2
	moyenne	*9-12*	48,2	*10-13*	21,4	*11-14*	12,7	*12-15*	8,5	*13-16*	6,1	*13-17*	4,6	*14-18*	3,6	*14-18*	2,8	*15-19*	2,3
	grande	*12-15*	51,1	*13-16*	21,5	*14-18*	12,8	*15-19*	8,5	*16-20*	6,1	*17-21*	4,6	*18-22*	3,5	*18-22*	2,8	*19-23*	2,3
EPN	petite	*7-9*	41,3	*7-10*	21,9	*8-12*	13,6	*9-12*	9,2	*9-13*	6,5	*10-14*	4,9	*11-15*	3,7	*11-15*	2,9	*11-16*	2,3
	moyenne	*9-12*	48,7	*10-14*	24,1	*12-15*	14,4	*12-16*	9,5	*13-17*	6,7	*14-18*	5,0	*15-19*	3,8	*15-20*	3,0	*16-20*	2,4
	grande	*12-15*	53,7	*14-17*	24,6	*15-18*	14,3	*16-20*	9,3	*17-21*	6,5	*18-22*	4,8	*19-23*	3,6	*20-24*	2,8	*20-25*	2,2
EPB	petite	*5-8*	35,1	*6-9*	14,4	*7-10*	8,3	*7-11*	5,5	*8-12*	3,9	*9-13*	2,9	*9-13*	2,2	*9-14*	1,8	*10-15*	1,4
	moyenne	*8-11*	46,9	*9-12*	18,1	*10-14*	10,2	*11-15*	6,5	*12-16*	4,6	*13-17*	3,4	*13-18*	2,6	*14-18*	2,0	*15-19*	1,6
	grande	*11-14*	56,2	*12-16*	21,8	*14-17*	11,8	*15-19*	7,5	*16-20*	5,2	*17-21*	3,8	*18-22*	2,9	*18-23*	2,3	*19-24*	1,8
PIG	petite	*6-10*	43,3	*7-11*	18,9	*8-12*	10,8	*9-13*	6,9	*9-14*	4,7	*10-14*	3,3	*10-15*	2,4	*11-16*	1,8	*11-16*	1,4
	moyenne	*10-13*	54,5	*11-15*	24,9	*12-16*	13,6	*13-17*	8,3	*14-18*	5,4	*14-19*	3,7	*15-20*	2,7	*16-21*	2,0	*16-21*	1,5
	grande	*13-17*	60,8	*15-19*	29,5	*16-20*	15,2	*17-21*	8,8	*18-23*	5,6	*19-24*	3,7	*20-25*	2,6	*21-25*	1,9	*21-26*	1,4
EPR	petite	*6-9*	–	*7-10*	9,5	*8-11*	6,2	*9-12*	4,3	*10-13*	3,2	*10-14*	2,4	*11-15*	1,9	*12-15*	1,5	*12-16*	1,2
	moyenne	*9-12*	28,4	*10-13*	13,4	*11-14*	8,2	*12-15*	5,4	*13-16*	4,0	*14-17*	3,0	*15-18*	2,3	*15-19*	1,8	*16-20*	1,5
	grande	*12-15*	49,3	*13-16*	18,2	*14-18*	10,3	*15-19*	6,7	*16-20*	4,8	*17-21*	3,5	*18-22*	2,7	*19-23*	2,1	*20-23*	1,7
BOP	petite	*7-10*	40,7	*8-11*	15,2	*8-12*	8,7	*9-13*	5,7	*9-13*	4,0	*9-14*	2,9	*10-14*	2,2	*10-15*	1,8	*10-15*	1,4
	moyenne	*10-14*	58,8	*11-15*	20,8	*12-16*	11,0	*13-17*	6,9	*13-17*	4,7	*14-18*	3,4	*14-19*	2,6	*15-19*	2,0	*15-20*	1,6
	grande	*14-17*	65,4	*15-18*	25,2	*16-20*	12,4	*17-21*	7,5	*17-21*	5,0	*18-22*	3,5	*19-23*	2,6	*19-24*	2,0	*20-24*	1,6
PET	petite	*8-11*	–	*9-13*	11,2	*10-14*	6,8	*11-15*	4,5	*12-16*	3,2	*12-16*	2,4	*13-17*	1,8	*13-18*	1,4	*14-19*	1,2
	moyenne	*11-15*	41,5	*13-16*	15,3	*14-18*	8,7	*15-19*	5,6	*16-20*	3,9	*16-21*	2,9	*17-21*	2,2	*18-22*	1,7	*19-23*	1,4
	grande	*15-18*	69,7	*16-20*	20,1	*18-21*	10,7	*19-23*	6,7	*20-24*	4,7	*21-25*	3,4	*21-26*	2,5	*22-27*	2,0	*23-27*	1,6
PEG	petite	*8-12*	53,1	*9-14*	31,8	*11-15*	19,2	*11-16*	11,9	*12-17*	7,4	*13-18*	4,8	*14-18*	3,2	*14-19*	2,3	*15-20*	1,7
	moyenne	*12-17*	60,3	*14-18*	36,4	*15-19*	22,0	*16-20*	13,6	*17-21*	8,4	*18-22*	5,4	*18-23*	3,6	*19-24*	2,6	*20-25*	1,9
	grande	*17-21*	64,8	*18-22*	39,8	*19-24*	24,3	*20-25*	14,9	*21-26*	9,2	*22-27*	5,9	*23-28*	3,9	*24-29*	2,7	*25-30*	2,0
PIB	petite	*5-9*	42,0	*6-10*	23,6	*6-11*	11,7	*7-12*	6,6	*8-13*	4,2	*8-13*	2,9	*9-14*	2,1	*9-15*	1,6	*10-15*	1,3
	moyenne	*9-12*	55,7	*10-14*	30,9	*11-15*	13,2	*12-16*	7,1	*13-17*	4,4	*13-18*	3,1	*14-19*	2,2	*15-20*	1,7	*15-21*	1,3
	grande	*12-16*	63,9	*14-18*	36,0	*15-19*	14,1	*16-21*	7,3	*17-22*	4,5	*18-23*	3,1	*19-25*	2,3	*20-26*	1,7	*21-27*	1,3
THO	petite	*5-8*	40,9	*6-8*	17,7	*7-9*	10,4	*7-10*	6,8	*8-10*	4,8	*8-11*	3,5	*8-11*	2,7	*9-12*	2,1	*9-12*	1,7
	moyenne	*8-10*	46,9	*8-11*	22,3	*9-12*	12,9	*10-12*	8,3	*10-13*	5,9	*11-14*	4,3	*11-14*	3,3	*12-15*	2,6	*12-15*	2,1
	grande	*10-12*	50,2	*11-13*	26,7	*12-14*	15,5	*12-15*	9,9	*13-16*	7,0	*14-17*	5,1	*14-17*	3,8	*15-18*	3,0	*15-18*	2,4

* SAB : sapin baumier; EPN : épinette noire; EPB : épinette blanche; PIG : pin gris; EPR : épinette rouge; BOP : bouleau à papier; PET : peuplier faux-tremble; PEG : peuplier à grandes dents; PIB : pin blanc; THO : thuya occidental.

Tableau 1. Suite et fin.

Essence*	Classe de hauteur	Classe de DHP															
		30 cm		32 cm		34 cm		36 cm		38 cm		40 cm		42 cm		≥44 cm	
		[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)
SAB	petite	*11-15*	1,8	*12-16*	1,5	*12-16*	1,3	*12-17*	1,1	*13-17*	1,0	*13-18*	0,8	*13-18*	0,7	*13-18*	0,7
	moyenne	*15-20*	1,9	*16-20*	1,6	*16-21*	1,4	*17-21*	1,2	*17-22*	1,0	*18-22*	0,9	*18-23*	0,8	*18-23*	0,7
	grande	*20-24*	1,9	*20-25*	1,6	*21-25*	1,4	*21-26*	1,2	*22-26*	1,0	*22-27*	0,9	*23-27*	0,8	*23-28*	0,7
EPN	petite	*12-16*	1,9	*12-17*	1,6	*13-17*	1,3	*13-18*	1,1	*13-18*	1,0	*14-19*	0,8	*14-19*	0,7	*14-19*	0,6
	moyenne	*16-21*	1,9	*17-22*	1,6	*17-22*	1,3	*18-23*	1,1	*18-23*	1,0	*19-24*	0,8	*19-24*	0,7	*19-25*	0,6
	grande	*21-26*	1,8	*22-26*	1,5	*22-27*	1,2	*23-28*	1,0	*23-28*	0,9	*24-29*	0,8	*24-30*	0,7	*25-30*	0,6
EPB	petite	*10-15*	1,2	*11-15*	1,0	*11-16*	0,8	*11-16*	0,7	*12-17*	0,6	*12-17*	0,5	*12-18*	0,5	*12-18*	0,4
	moyenne	*15-20*	1,3	*15-20*	1,1	*16-21*	0,9	*16-21*	0,8	*17-22*	0,7	*17-23*	0,6	*18-23*	0,5	*18-23*	0,5
	grande	*20-24*	1,5	*20-25*	1,2	*21-26*	1,0	*21-26*	0,9	*22-27*	0,8	*23-28*	0,7	*23-28*	0,6	*23-29*	0,5
PIG	petite	*12-17*	1,1	*12-17*	0,9	*13-18*	0,7	*13-18*	0,6	*13-19*	0,5	*14-19*	0,4	*14-20*	0,3	*14-20*	0,3
	moyenne	*17-22*	1,1	*17-23*	0,9	*18-23*	0,7	*18-24*	0,6	*19-24*	0,5	*19-25*	0,4	*20-25*	0,3	*20-26*	0,3
	grande	*22-27*	1,1	*23-28*	0,9	*23-28*	0,7	*24-29*	0,6	*24-30*	0,4	*25-30*	0,4	*25-31*	0,3	*26-31*	0,3
EPR	petite	*13-17*	1,0	*13-17*	0,8	*14-18*	0,7	*14-18*	0,6	*15-19*	0,5	*15-19*	0,5	*16-20*	0,4	*16-20*	0,3
	moyenne	*17-20*	1,2	*17-21*	1,0	*18-21*	0,8	*18-22*	0,7	*19-23*	0,6	*19-23*	0,5	*20-24*	0,5	*20-24*	0,4
	grande	*20-24*	1,4	*21-25*	1,1	*21-25*	1,0	*22-26*	0,8	*23-27*	0,7	*23-27*	0,6	*24-28*	0,5	*24-28*	0,4
BOP	petite	*11-15*	1,2	*11-16*	0,9	*11-16*	0,8	*11-16*	0,7	*12-17*	0,6	*12-17*	0,5	*12-17*	0,4	*12-18*	0,4
	moyenne	*15-20*	1,3	*16-21*	1,0	*16-21*	0,9	*16-22*	0,7	*17-22*	0,6	*17-22*	0,5	*17-23*	0,5	*18-23*	0,4
	grande	*20-25*	1,2	*21-26*	1,0	*21-26*	0,8	*22-27*	0,7	*22-27*	0,6	*22-28*	0,5	*23-28*	0,4	*23-28*	0,4
PET	petite	*15-19*	1,0	*15-20*	0,8	*15-20*	0,7	*16-21*	0,6	*16-21*	0,5	*17-22*	0,4	*17-22*	0,4	*17-22*	0,3
	moyenne	*19-24*	1,1	*20-24*	0,9	*20-25*	0,8	*21-25*	0,7	*21-26*	0,6	*22-26*	0,5	*22-27*	0,4	*22-27*	0,4
	grande	*24-28*	1,3	*24-29*	1,0	*25-30*	0,9	*25-30*	0,7	*26-31*	0,6	*26-31*	0,5	*27-32*	0,5	*27-32*	0,4
PEG	petite	*15-20*	1,4	*16-21*	1,1	*16-22*	0,9	*17-22*	0,7	*17-22*	0,6	*18-23*	0,5	*18-23*	0,4	*18-24*	0,4
	moyenne	*20-26*	1,5	*21-26*	1,1	*22-27*	0,9	*22-27*	0,8	*22-28*	0,6	*23-28*	0,5	*23-29*	0,5	*24-29*	0,4
	grande	*26-31*	1,5	*26-31*	1,2	*27-32*	1,0	*27-33*	0,8	*28-33*	0,7	*28-34*	0,6	*29-34*	0,5	*29-35*	0,4
PIB	petite	*10-16*	1,0	*10-16*	0,8	*11-17*	0,7	*11-17*	0,6	*11-18*	0,5	*12-18*	0,4	*12-18*	0,4	*12-19*	0,3
	moyenne	*16-22*	1,1	*16-22*	0,9	*17-23*	0,7	*17-23*	0,6	*18-24*	0,5	*18-25*	0,4	*18-25*	0,4	*19-25*	0,3
	grande	*22-27*	1,1	*22-28*	0,9	*23-29*	0,7	*23-30*	0,6	*24-30*	0,5	*25-31*	0,5	*25-32*	0,4	*25-32*	0,3
THO	petite	*9-13*	1,4	*10-13*	1,2	*10-13*	1,0	*10-14*	0,8	*10-14*	0,7	*10-14*	0,6	*11-14*	0,5	*11-15*	0,5
	moyenne	*13-16*	1,7	*13-16*	1,4	*13-17*	1,2	*14-17*	1,0	*14-17*	0,8	*14-18*	0,7	*14-18*	0,6	*15-18*	0,6
	grande	*16-19*	2,0	*16-20*	1,6	*17-20*	1,4	*17-21*	1,1	*17-21*	1,0	*18-21*	0,8	*18-22*	0,7	*18-22*	0,6

* SAB : sapin baumier; EPN : épinette noire; EPB : épinette blanche; PIG : pin gris; EPR : épinette rouge; BOP : bouleau à papier; PET : peuplier faux-tremble; PEG : peuplier à grandes dents; PIB : pin blanc; THO : thuya occidental.

Tableau 2. Proportion rejetée du volume marchand brut pour un diamètre d'utilisation de 13 cm ($\Delta V_{9\text{-}13}$) en fonction de l'essence, de la classe de DHP et de la classe de hauteur de l'arbre ([H1, H2[: étendue de la classe de hauteur , en m).

Essence*	Classe de hauteur	Classe de DHP															
		14 cm		16 cm		18 cm		20 cm		22 cm		24 cm		26 cm		28 cm	
		[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)
SAB	petite	*7-10*	56,3	*8-11*	31,3	*8-12*	20,5	*9-13*	14,6	*9-13*	10,9	*10-14*	8,4	*10-14*	6,7	*11-15*	5,4
	moyenne	*10-13*	62,8	*11-14*	33,1	*12-15*	21,4	*13-16*	15,1	*13-17*	11,3	*14-18*	8,7	*14-18*	6,9	*15-19*	5,6
	grande	*13-16*	65,7	*14-18*	33,0	*15-19*	21,2	*16-20*	15,0	*17-21*	11,1	*18-22*	8,6	*18-22*	6,9	*19-23*	5,6
EPN	petite	*7-10*	55,8	*8-12*	34,4	*9-12*	23,0	*9-13*	16,2	*10-14*	12,1	*11-15*	9,3	*11-15*	7,3	*11-16*	5,9
	moyenne	*10-14*	63,3	*12-15*	36,9	*12-16*	24,0	*13-17*	16,8	*14-18*	12,3	*15-19*	9,4	*15-20*	7,4	*16-20*	5,9
	grande	*14-17*	67,9	*15-18*	37,1	*16-20*	23,6	*17-21*	16,3	*18-22*	11,9	*19-23*	9,0	*20-24*	7,0	*20-25*	5,6
EPB	petite	*6-9*	50,6	*7-10*	23,8	*7-11*	14,7	*8-12*	10,1	*9-13*	7,4	*9-13*	5,6	*9-14*	4,4	*10-15*	3,5
	moyenne	*9-12*	62,6	*10-14*	29,8	*11-15*	17,8	*12-16*	12,0	*13-17*	8,7	*13-18*	6,6	*14-18*	5,1	*15-19*	4,1
	grande	*12-16*	69,4	*14-17*	35,8	*15-19*	20,7	*16-20*	13,7	*17-21*	9,8	*18-22*	7,4	*18-23*	5,7	*19-24*	4,6
PIG	petite	*7-11*	58,8	*8-12*	30,6	*9-13*	19,0	*9-14*	12,6	*10-14*	8,8	*10-15*	6,4	*11-16*	4,8	*11-16*	3,7
	moyenne	*11-15*	67,9	*12-16*	38,7	*13-17*	23,1	*14-18*	14,7	*14-19*	10,0	*15-20*	7,1	*16-21*	5,2	*16-21*	3,9
	grande	*15-19*	73,5	*16-20*	44,1	*17-21*	25,2	*18-23*	15,6	*19-24*	10,2	*20-25*	7,1	*21-25*	5,1	*21-26*	3,8
EPR	petite	*7-10*	–	*8-11*	16,8	*9-12*	11,3	*10-13*	8,2	*10-14*	6,2	*11-15*	4,8	*12-15*	3,8	*12-16*	3,1
	moyenne	*10-13*	49,2	*11-14*	23,2	*12-15*	14,6	*13-16*	10,3	*14-17*	7,6	*15-18*	5,8	*15-19*	4,6	*16-20*	3,7
	grande	*13-16*	71,3	*14-18*	31,4	*15-19*	18,5	*16-20*	12,6	*17-21*	9,1	*18-22*	6,9	*19-23*	5,3	*20-23*	4,3
BOP	petite	*8-11*	59,0	*8-12*	24,9	*9-13*	15,1	*9-13*	10,4	*9-14*	7,5	*10-14*	5,7	*10-15*	4,4	*10-15*	3,5
	moyenne	*11-15*	70,4	*12-16*	33,3	*13-17*	18,9	*13-17*	12,4	*14-18*	8,7	*14-19*	6,5	*15-19*	5,0	*15-20*	3,9
	grande	*15-18*	75,2	*16-20*	39,6	*17-21*	21,0	*17-21*	13,2	*18-22*	9,1	*19-23*	6,6	*19-24*	5,0	*20-24*	3,9
PET	petite	*9-13*	–	*10-14*	19,1	*11-15*	12,2	*12-16*	8,5	*12-16*	6,2	*13-17*	4,7	*13-18*	3,7	*14-19*	2,9
	moyenne	*13-16*	72,9	*14-18*	25,9	*15-19*	15,4	*16-20*	10,5	*16-21*	7,6	*17-21*	5,7	*18-22*	4,4	*19-23*	3,5
	grande	*16-20*	81,3	*18-21*	34,3	*19-23*	19,0	*20-24*	12,5	*21-25*	8,8	*21-26*	6,5	*22-27*	5,0	*23-27*	4,0
PEG	petite	*9-14*	68,7	*11-15*	46,8	*11-16*	31,4	*12-17*	20,9	*13-18*	13,9	*14-18*	9,5	*14-19*	6,7	*15-20*	4,9
	moyenne	*14-18*	74,8	*15-19*	52,3	*16-20*	35,3	*17-21*	23,5	*18-22*	15,7	*18-23*	10,6	*19-24*	7,4	*20-25*	5,3
	grande	*18-22*	78,7	*19-24*	56,2	*20-25*	38,2	*21-26*	25,6	*22-27*	17,1	*23-28*	11,6	*24-29*	8,0	*25-30*	5,7
PIB	petite	*6-10*	57,2	*6-11*	37,1	*7-12*	20,2	*8-13*	12,0	*8-13*	7,9	*9-14*	5,6	*9-15*	4,2	*10-15*	3,2
	moyenne	*10-14*	69,5	*11-15*	45,9	*12-16*	23,0	*13-17*	13,0	*13-18*	8,4	*14-19*	5,9	*15-20*	4,4	*15-21*	3,4
	grande	*14-18*	76,2	*15-19*	52,2	*16-21*	24,5	*17-22*	13,4	*18-23*	8,6	*19-25*	6,0	*20-26*	4,4	*21-27*	3,4
THO	petite	*6-8*	54,1	*7-9*	28,8	*7-10*	18,1	*8-10*	12,5	*8-11*	9,1	*8-11*	6,9	*9-12*	5,4	*9-12*	4,3
	moyenne	*8-11*	59,8	*9-12*	35,5	*10-12*	22,3	*10-13*	15,4	*11-14*	11,1	*11-14*	8,4	*12-15*	6,5	*12-15*	5,2
	grande	*11-13*	63,0	*12-14*	41,3	*12-15*	26,4	*13-16*	18,2	*14-17*	13,1	*14-17*	9,8	*15-18*	7,6	*15-18*	6,0

* SAB : sapin baumier; EPN : épinette noire; EPB : épinette blanche; PIG : pin gris; EPR : épinette rouge; BOP : bouleau à papier; PET : peuplier faux-tremble; PEG : peuplier à grandes dents; PIB : pin blanc; THO : thuya occidental.

Tableau 2. Suite et fin.

Essence*	Classe de hauteur	Classe de DHP															
		30 cm		32 cm		34 cm		36 cm		38 cm		40 cm		42 cm		≥44 cm	
		[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)	[H1,H2[	ΔV (%)
SAB	petite	*11-15*	4,5	*12-16*	3,8	*12-16*	3,2	*12-17*	2,7	*13-17*	2,4	*13-18*	2,1	*13-18*	1,8	*13-18*	1,6
	moyenne	*15-20*	4,7	*16-20*	3,9	*16-21*	3,3	*17-21*	2,9	*17-22*	2,5	*18-22*	2,2	*18-23*	1,9	*18-23*	1,7
	grande	*20-24*	4,6	*20-25*	3,9	*21-25*	3,3	*21-26*	2,9	*22-26*	2,5	*22-27*	2,2	*23-27*	1,9	*23-28*	1,7
EPN	petite	*12-16*	4,8	*12-17*	4,0	*13-17*	3,3	*13-18*	2,8	*13-18*	2,4	*14-19*	2,1	*14-19*	1,8	*14-19*	1,6
	moyenne	*16-21*	4,8	*17-22*	4,0	*17-22*	3,3	*18-23*	2,8	*18-23*	2,4	*19-24*	2,1	*19-24*	1,8	*19-25*	1,6
	grande	*21-26*	4,5	*22-26*	3,7	*22-27*	3,1	*23-28*	2,6	*23-28*	2,2	*24-29*	1,9	*24-30*	1,7	*25-30*	1,5
EPB	petite	*10-15*	2,9	*11-15*	2,4	*11-16*	2,0	*11-16*	1,7	*12-17*	1,5	*12-17*	1,3	*12-18*	1,1	*12-18*	1,0
	moyenne	*15-20*	3,3	*15-20*	2,8	*16-21*	2,3	*16-21*	2,0	*17-22*	1,7	*17-23*	1,5	*18-23*	1,3	*18-23*	1,1
	grande	*20-24*	3,7	*20-25*	3,1	*21-26*	2,6	*21-26*	2,2	*22-27*	1,9	*23-28*	1,6	*23-28*	1,4	*23-29*	1,3
PIG	petite	*12-17*	2,9	*12-17*	2,3	*13-18*	1,8	*13-18*	1,5	*13-19*	1,3	*14-19*	1,0	*14-20*	0,9	*14-20*	0,8
	moyenne	*17-22*	3,0	*17-23*	2,4	*18-23*	1,9	*18-24*	1,5	*19-24*	1,3	*19-25*	1,0	*20-25*	0,9	*20-26*	0,7
	grande	*22-27*	2,9	*23-28*	2,2	*23-28*	1,8	*24-29*	1,4	*24-30*	1,2	*25-30*	1,0	*25-31*	0,8	*26-31*	0,7
EPR	petite	*13-17*	2,5	*13-17*	2,1	*14-18*	1,8	*14-18*	1,5	*15-19*	1,3	*15-19*	1,1	*16-20*	1,0	*16-20*	0,8
	moyenne	*17-20*	3,0	*17-21*	2,5	*18-21*	2,1	*18-22*	1,8	*19-23*	1,5	*19-23*	1,3	*20-24*	1,1	*20-24*	1,0
	grande	*20-24*	3,5	*21-25*	2,9	*21-25*	2,4	*22-26*	2,0	*23-27*	1,7	*23-27*	1,5	*24-28*	1,3	*24-28*	1,1
BOP	petite	*11-15*	2,8	*11-16*	2,3	*11-16*	2,0	*11-16*	1,7	*12-17*	1,4	*12-17*	1,2	*12-17*	1,1	*12-18*	0,9
	moyenne	*15-20*	3,1	*16-21*	2,6	*16-21*	2,1	*16-22*	1,8	*17-22*	1,5	*17-22*	1,3	*17-23*	1,1	*18-23*	1,0
	grande	*20-25*	3,1	*21-26*	2,5	*21-26*	2,1	*22-27*	1,7	*22-27*	1,4	*22-28*	1,2	*23-28*	1,1	*23-28*	0,9
PET	petite	*15-19*	2,4	*15-20*	2,0	*15-20*	1,7	*16-21*	1,4	*16-21*	1,2	*17-22*	1,0	*17-22*	0,9	*17-22*	0,8
	moyenne	*19-24*	2,8	*20-24*	2,3	*20-25*	1,9	*21-25*	1,6	*21-26*	1,4	*22-26*	1,2	*22-27*	1,0	*22-27*	0,9
	grande	*24-28*	3,2	*24-29*	2,6	*25-30*	2,2	*25-30*	1,8	*26-31*	1,6	*26-31*	1,3	*27-32*	1,2	*27-32*	1,0
PEG	petite	*15-20*	3,7	*16-21*	2,9	*16-22*	2,3	*17-22*	1,9	*17-22*	1,6	*18-23*	1,3	*18-23*	1,1	*18-24*	1,0
	moyenne	*20-26*	4,0	*21-26*	3,1	*22-27*	2,5	*22-27*	2,0	*22-28*	1,7	*23-28*	1,4	*23-29*	1,2	*24-29*	1,0
	grande	*26-31*	4,3	*26-31*	3,3	*27-32*	2,6	*27-33*	2,1	*28-33*	1,7	*28-34*	1,5	*29-34*	1,2	*29-35*	1,1
PIB	petite	*10-16*	2,5	*10-16*	2,1	*11-17*	1,7	*11-17*	1,4	*11-18*	1,2	*12-18*	1,0	*12-18*	0,9	*12-19*	0,8
	moyenne	*16-22*	2,7	*16-22*	2,1	*17-23*	1,8	*17-23*	1,5	*18-24*	1,3	*18-25*	1,1	*18-25*	0,9	*19-25*	0,8
	grande	*22-27*	2,7	*22-28*	2,2	*23-29*	1,8	*23-30*	1,5	*24-30*	1,3	*25-31*	1,1	*25-32*	0,9	*25-32*	0,8
THO	petite	*9-13*	3,5	*10-13*	2,9	*10-13*	2,4	*10-14*	2,1	*10-14*	1,8	*10-14*	1,5	*11-14*	1,3	*11-15*	1,1
	moyenne	*13-16*	4,2	*13-16*	3,5	*13-17*	2,9	*14-17*	2,5	*14-17*	2,1	*14-18*	1,8	*14-18*	1,6	*15-18*	1,4
	grande	*16-19*	4,9	*16-20*	4,0	*17-20*	3,4	*17-21*	2,8	*17-21*	2,4	*18-21*	2,1	*18-22*	1,8	*18-22*	1,6

* SAB : sapin baumier; EPN : épinette noire; EPB : épinette blanche; PIG : pin gris; EPR : épinette rouge; BOP : bouleau à papier; PET : peuplier faux-tremble; PEG : peuplier à grandes dents; PIB : pin blanc; THO : thuya occidental.

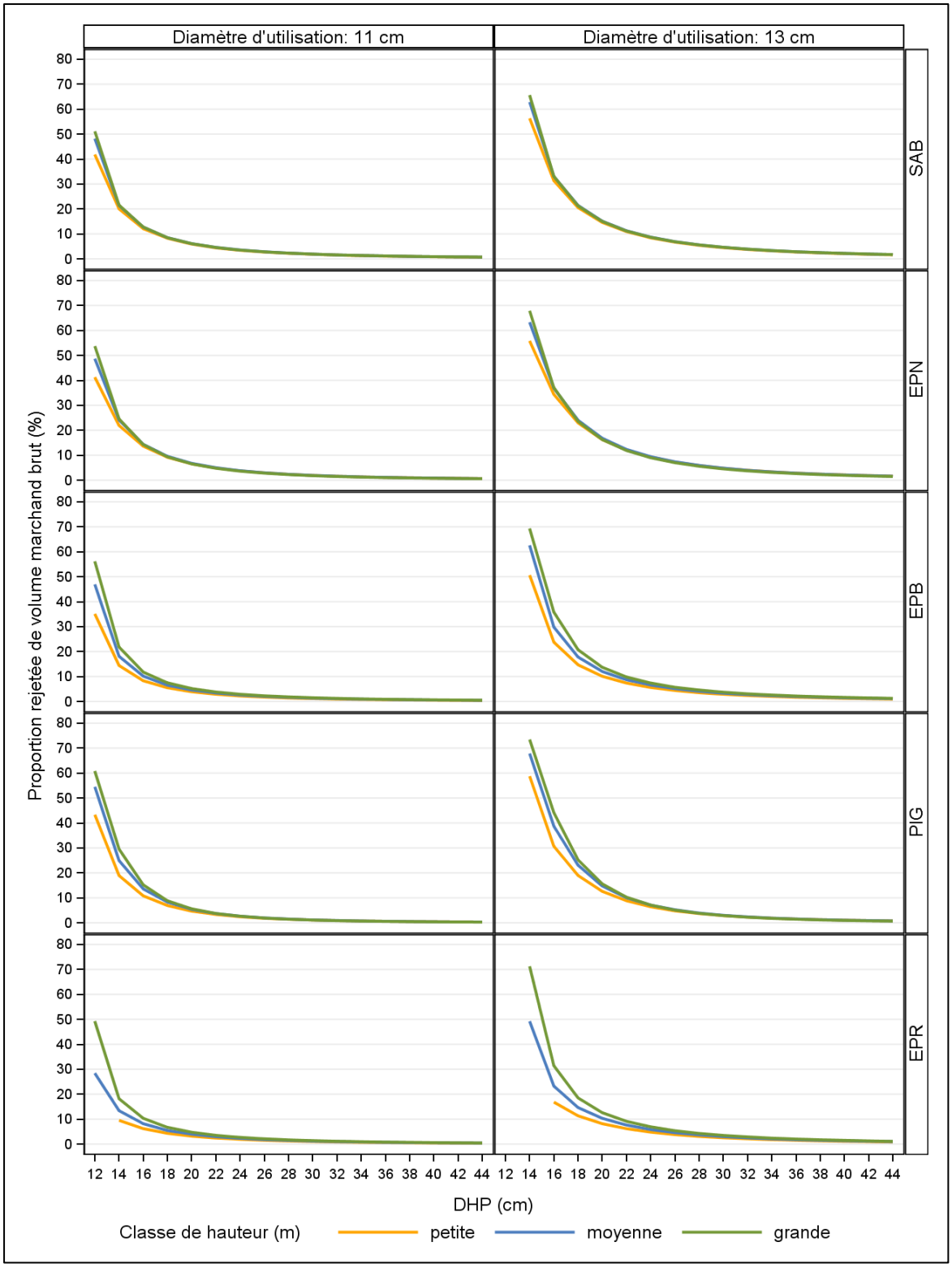

Figure 1. Proportion rejetée du volume marchand brut pour le sapin baumier (SAB), l'épinette noire (EPN), l'épinette blanche (EPB), le pin gris (PIG) et l'épinette rouge (EPR) en fonction du diamètre d'utilisation (11 et 13 cm), du DHP et de la classe de hauteur.

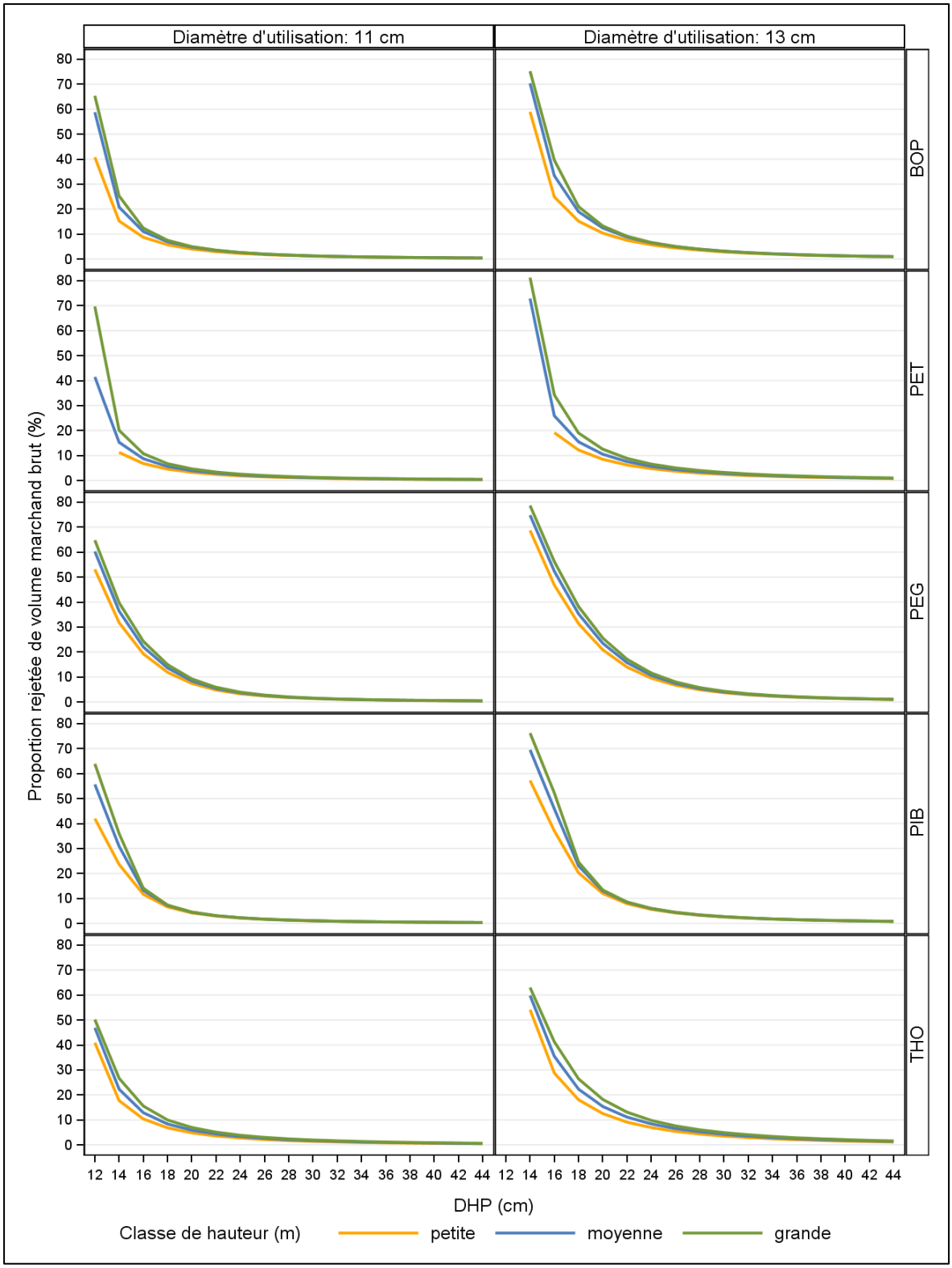

Figure 2. Proportion rejetée du volume marchand brut pour le bouleau à papier (BOP), le peuplier faux-tremble (PET), le peuplier à grandes dents (PEG) le pin blanc (PIB) et le thuya (THO) en fonction du diamètre d'utilisation (11 et 13 cm), du DHP et de la classe de hauteur.