

Titre :	Qualité de l'érable à sucre dans l'unité d'aménagement 064-71
Auteur(s) :	François Guillemette, ing.f., M. Sc., Filip Havreljuk, ing.f., Ph. D. et Steve Bédard, ing.f., M. Sc.
Collaborateur(s) :	François Boucher, ing.f. (DGFL), Rachid Yousfi, ing.f. (DGFO), Jean-François Belzile, ing.f. (BMMB) et Thomas Moore, ing.f., M. Sc. (DAEF)
Date :	Février 2021

Historiquement, les industriels forestiers du Québec s'approvisionnaient peu en bois d'érable à sucre provenant des secteurs situés dans le nord de l'aire de répartition de l'espèce. On soupçonne que ce choix s'explique par une forte proportion de coloration de cœur sur la découpe des billes de sciage, l'abondance des taches de minéralisation et la faible proportion d'arbres de belle qualité apparente. Afin de documenter leur qualité interne et leur rendement en billes de sciage, nous avons échantillonné des érables à sucre provenant de différents secteurs au Québec, y compris l'unité d'aménagement 064-71 et son pourtour, un territoire relativement nordique pour l'érable à sucre.

1. Introduction

Le bois d'œuvre d'érable à sucre (*Acer saccharum* Marshall) est recherché principalement en raison de sa dureté et de sa couleur pâle et homogène. Sur le marché américain, les meilleures planches provenant de l'aubier non coloré de cette espèce se vendent à environ 1,4 fois le prix des planches provenant du cœur coloré (MFFP 2020). Les prix sur le marché québécois sont moins bien documentés, mais d'après les informations obtenues, ce rapport serait plus près de 2,0 (CIFQ 2016 et données confidentielles obtenues d'un scieur en 2019), possiblement à cause des prix inférieurs des planches colorées. Cette situation pourrait refléter une surabondance de l'érable coloré, comparativement à l'aubier clair, sur le marché québécois. D'ailleurs, Havreljuk *et al.* (2013) avaient observé que les érables croissant au nord du fleuve Saint-Laurent et à l'ouest de la ville de Québec avaient une plus forte proportion de coloration de cœur que pour ceux poussant plus à l'est, y compris près des États américains. Il est bien connu que la coloration des arbres varie selon l'endroit, mais aussi entre des arbres provenant d'un même endroit (Germain *et al.* 2015).

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

En plus de la coloration du cœur, le bois d'érable à sucre présente parfois des taches ou des rayures longitudinales appelées « taches de minéralisation ». Leur fréquence est aussi reconnue comme étant très variable selon les secteurs (Ouimet et Saucier 1994). Ces taches peuvent entraîner une extension du cœur coloré et peuvent donc déclasser des planches du grade aubier (clair) vers le grade régulier (coloré).

Historiquement, l'approvisionnement en bois d'érable à sucre provenait surtout des domaines bioclimatiques de l'érablière à bouleau jaune ou de l'érablière à tilleul. Les industriels forestiers du Québec se sont davantage approvisionnés en érables à sucre provenant du sud de l'aire de répartition de l'espèce que du nord, plus particulièrement dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Même si cette situation est mal documentée, on soupçonne que ce comportement peut s'expliquer par une forte proportion colorée de la découpe des billes de sciage, l'abondance des taches de minéralisation (Ouimet et Saucier 1994) et la faible proportion d'arbres de belle qualité apparente (Guillemette et Bédard 2019).

Or, l'érable à sucre des secteurs nordiques est inclus dans les volumes de bois offerts aux bénéficiaires de garanties d'approvisionnement (BGA) sur les unités d'aménagement (UA) des terres du domaine de l'État québécois. Les volumes de sciage offerts aux scieurs pour ces secteurs sont attribués selon les données disponibles à l'échelle provinciale (p. ex. Havreljuk *et al.* 2015), mais cet échantillonnage ne couvre pas suffisamment les secteurs nordiques, comme la portion septentrionale de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest et la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Par conséquent, des BGA allèguent des difficultés à rentabiliser leur approvisionnement en érable à sucre dans ces secteurs. Ils invoquent notamment la valeur potentiellement moindre des bois et les coûts de transport généralement plus élevés qu'au sud (en raison de la distance des usines et du besoin de construire des chemins).

Dans ce contexte, Forex Inc. a demandé à la Direction de la gestion des forêts de Lanaudière et des Laurentides (DGFL) s'il était possible de récolter plus d'érables à sucre de qualité, d'un diamètre à hauteur de poitrine (DHP, mesuré à 1,3 m du sol) de 39,1 à 44,0 cm, dans la portion méridionale du sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Cette demande s'inspire de l'idée de récolter des arbres ayant atteint le diamètre à maturité financière, lequel a été calculé aussi avec les données de volumes disponibles à l'échelle provinciale (voir Guillemette 2016).

La DGFL a ensuite demandé l'avis de la Direction de la recherche forestière (DRF) concernant la demande de Forex. Il a été convenu d'échantillonner des érables à sucre sur ce territoire nordique pour mieux documenter leur qualité interne. Au besoin, à la lumière des nouveaux résultats, le calcul du diamètre à maturité financière pourrait être révisé pour de tels arbres. Pour compléter les données déjà disponibles (voir Havreljuk *et al.* 2015), des secteurs supplémentaires ont été échantillonnés de 2018 à 2020 dans divers projets grâce à la collaboration de la DRF, de la DGFL, de la Direction de la gestion des forêts de l'Outaouais (DGFO), de la Direction de l'aménagement et de l'environnement forestier (DAEF) et des industriels forestiers chargés de la récolte.

Le présent avis technique a été rédigé pour montrer comment les billes extraites dans le territoire à l'étude se distinguent de celles provenant de secteurs échantillonnés ailleurs au Québec. Ce territoire inclut la zone d'érable à sucre non minéralisé de l'UA 064-71 (MFFP 2017) ainsi que la Forêt d'enseignement et de recherche Mousseau, située à Sainte-Véronique. Il est situé à la jonction des sous-domaines occidentaux de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune. Les données d'un autre secteur (UA 074-51), adjacent à l'UA 064-71 et situé dans la zone d'érable à sucre minéralisé, sont aussi présentées pour fournir un aperçu de la qualité potentielle dans cette zone. Ces analyses constituent une étape préliminaire à la révision du diamètre à maturité financière de l'érable à sucre dans ce territoire. Cet avis remplace l'avis provisoire de Guillemette (2019).

2. Méthode

2.1. Territoire d'étude au sens large

De 2002 à 2014, le MFFP a échantillonné 2 080 érables à sucre répartis dans 20 secteurs au Québec afin de relier leurs caractéristiques sur pied avec leurs volumes en billes. Cette collecte de données et les modèles statistiques les décrivant sont détaillés dans Havreljuk *et al.* (2015). De ce jeu de données, nous avons retenu 13 secteurs contenant au moins 15 érables à sucre ayant un DHP de 33,1 à 49,0 cm et un potentiel de bois d'œuvre (figure 1 et annexe). Un autre secteur, celui de Rivière de l'Orient, a été ajouté en 2019. Ces secteurs ont été comparés aux 6 secteurs d'intérêt dont il est question à la section 2.2. Notons que les secteurs de Sainte-Véronique A et de Dumouchel, même s'ils proviennent de ceux de l'étude de Havreljuk *et al.* (2015), sont aussi compris dans les 6 secteurs d'intérêt.

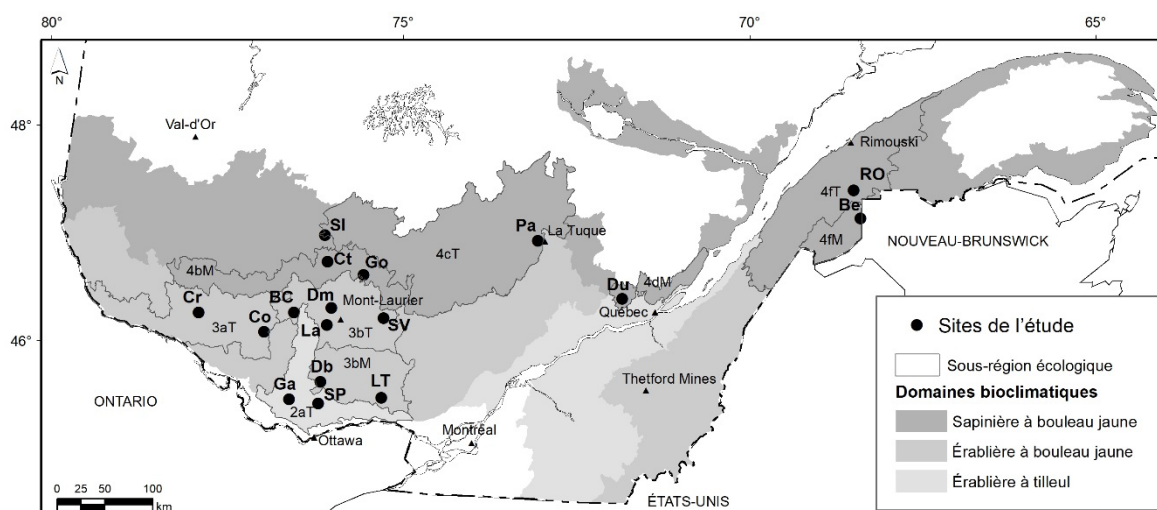


Figure 1. Répartition des secteurs du territoire d'étude au sens large et des 6 secteurs d'intérêt (voir la section 2.2), selon les sous-régions écologiques et les domaines bioclimatiques. BC = Bras Coupé; Be = Bénédict; Co = Cook; Cr = Charette; Ct = Chatal; Db = Dubuc; Dm = Dumouchel; Du = Duchesnay; Ga = Gatineau; Go = Gorman; La = Labotte; LT = Lac à la Truite; Pa = Parker; RO = Rivière de l'Orient; SI = Sloe; SP = Saint-Pierre; SV = Sainte-Véronique (peuplements A et B).

2.2. Secteurs d'intérêt

De 2018 à 2020, dans le cadre de différents projets, nous avons échantillonné les secteurs Chatal et Gorman, situés dans la plus grande portion de l'UA 064-71, soit celle correspondant à l'ancienne UA 064-51 avant sa fusion avec l'UA 061-52. Nous avons aussi échantillonné le secteur Sloe, dans la zone adjacente d'érable à sucre minéralisé (UA 074-51) et un autre tout près de l'UA 064-71, situé dans la zone d'érable à sucre non minéralisé (Sainte-Véronique — peuplement B). En complément, nous avons aussi utilisé des données provenant d'échantillonnages réalisés quelques années plus tôt dans deux autres secteurs de la même région : Sainte-Véronique — peuplement A et Dumouchel. Le tableau 1 présente les caractéristiques de ces six secteurs d'intérêt, et la figure 2 montre leur répartition.

Nous avons échantillonné de 32 à 102 érables à sucre dans chacun de ces 6 secteurs d'intérêt, pour un total de 401 arbres, dont 69 dans le secteur Sloe. Chaque arbre a été classé selon sa priorité de récolte (classification MSCR; Boulet 2005) et la qualité de sa bille de pied (classification ABCD; MFFP 2014), dans l'une de 4 classes : A ou B (classe ci-après appelée AB; 132 arbres), C (184 arbres) ou D (85 arbres), la classe D étant associée à l'absence de potentiel d'obtenir une bille destinée au sciage. Pour chaque arbre sur pied, nous avons aussi noté sa position (latitude et longitude), son DHP (en mm, mesuré au ruban diamétrique métallique), sa classe de vigueur (Majcen *et al.* 1990), la présence de défauts indicateurs de carie (Boulet 2005) et sa hauteur totale.

La plupart des arbres sélectionnés ont été abattus et écimés grossièrement par une abatteuse selon un procédé de récolte par tronc entier, puis transportés dans une cour d'usine de sciage pour le tronçonnage. Après une évaluation visuelle des caractéristiques externes, chaque tige a été tronçonnée selon la méthode décrite par Petro (1971) afin de maximiser la production de billes de grande qualité pour le bois d'œuvre (NHLA 2014). Chaque tronçon (de la souche à la cime) a été numéroté avant la prise des données suivantes : longueur, diamètres au gros et au fin bout (de la bille, de la zone cariée et du cœur coloré). La présence des taches de minéralisation a été notée au fin bout des billes de sciage.

Par la suite, chaque bille a été classée pour son potentiel d'utilisation (Sciage = F1, F2, F3, de la plus grande qualité à la plus faible qualité; billon = F4; bois à pâte = P; rebut non utilisable = R; Rast *et al.* 1973, Petro et Calvert 1976). Les billes ont aussi été classées selon les critères de mesurage du MFFP (B : sciage de grande qualité, C : sciage de faible qualité, D : pâte; BMMB 2018).

Tableau 1. Principales caractéristiques des six secteurs d'intérêt.

Caractéristique	5 secteurs dans ou au pourtour de la zone d'ERS non minéralisé de l'UA 064-71					Secteur Sloe (zone ERS minéralisé)
	Chatal	Gorman	Sainte-Véronique A	Sainte-Véronique B	Dumouchel	
Année de mesure	2018	2020	2005	2019	2010	2020
Coordonnées géographiques	47,08° N. 75,76° O.	46,99° N. 75,25° O.	46,60° N. 74,92° O.	46,55° N. 74,95° O.	46,65° N. 75,64° O.	47,32° N. 75,83° O.
Altitude (m)	300	400	430	360	470	400
Température annuelle moyenne (°C)*	2,2	1,9	2,3	2,4	2,0	1,6
Précipitations annuelles totales (mm)*	980	1 080	1 120	1 120	1 150	1 030
Sous-région écologique (Gosselin <i>et al.</i> 1998)	Collines du lac Notawassi (4bM)	Collines du lac Notawassi (4bM)	Collines du réservoir Kiamika (3bT)	Collines du réservoir Kiamika (3bT)	Collines du réservoir Kiamika (3bT)	Collines de la rivière Vermillon (4cT)
Appellation cartographique des peuplements	Érablière (EsEs) vieille inéquienne (VIN)	Érablière à bouleau jaune (EsBj) VIN	Érablière à feuillus tolérants (EsFt) VIN	EsEs et érablière à hêtre (EsHg) VIN	EsEs VIN	EsBj et bétulaie jaune à érable (BjEs) VIN
Type écologique	FE32	FE32	FE32	FE32	FE32	FE32 et MJ12
Perturbations précédentes	Coupe partielle en 1975 ou en 1986	Coupe à diamètre limite en 1990	Coupe partielle en 1989	Coupes de jardinage en 1983 et en 1998	Coupe partielle probable en 1981	Aucune depuis au moins 1976
Surface terrière totale (m ² /ha)	28,8	25,4	27,3	23,5	25,0	26,0
Composition en érable à sucre	64 %	66 %	89 %	79 %	87 %	41 %

* Les normales de précipitations et de température annuelles ont été calculées avec BioSIM (Régnière et Saint-Amand 2008).

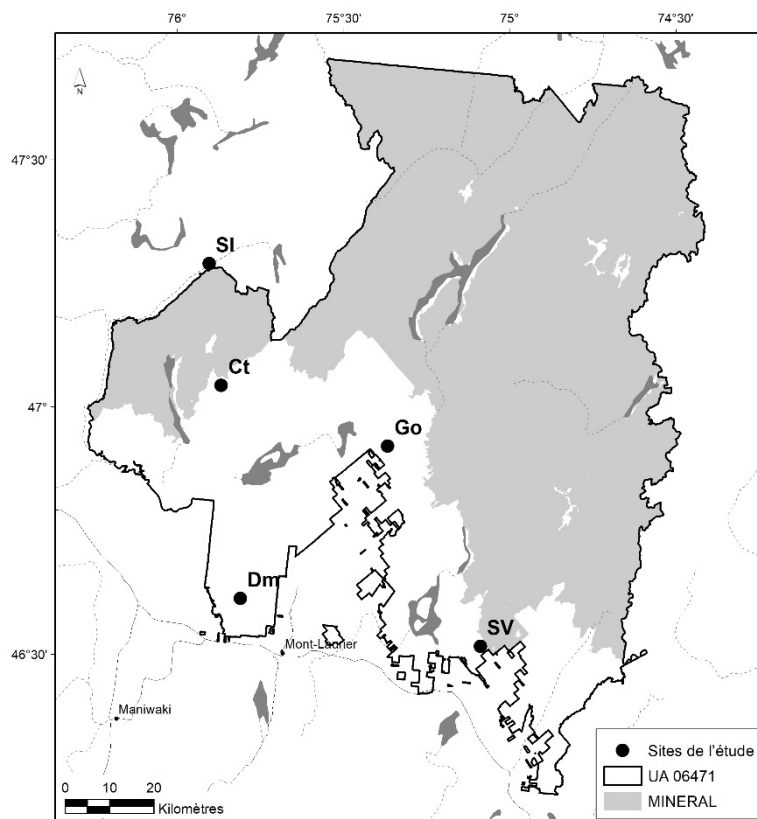


Figure 2. Répartition des 6 secteurs d'intérêt (5 dans la zone d'érable à sucre non minéralisé de l'UA 064-71 et le secteur Sloe, situé à son pourtour et dans la zone d'érable à sucre minéralisé [MINERAL], d'après MFFP 2017). Ct = Chatal; Dm = Dumouchel; Go = Gorman; SI = Sloe; SV = Sainte-Véronique (peuplements A et B).

Les principaux facteurs de classement des billes de sciage sont leur position dans la tige, leur longueur, leur diamètre au fin bout, la présence de défauts sur les découpes, la longueur et le nombre de sections exemptes de défauts de surface (débits clairs) ainsi que les réductions volumétriques en présence d'un coude, d'une courbure ou de pourriture. Lorsque les taches de minéralisation et la coloration couvrent plus de 50 % de la découpe au fin bout d'une bille de sciage d'érable à sucre, la bille est rétrogradée à une classe de qualité inférieure, sans toutefois descendre sous la classe F3. Une bille de sciage doit mesurer au moins 2,5 m de long et avoir un diamètre d'au moins 20 cm au fin bout. La classe de billon peut inclure des longueurs aussi courtes que 1,8 m et des diamètres au fin bout aussi petits que 16 cm. Les dimensions minimales requises pour une pièce de bois servant à la pâte sont une longueur de 2,5 m et un diamètre au fin bout de 9,1 cm. Quelques tronçons qui ne pouvaient être convertis en billes ou en billons ont été classés comme rebuts.

Les 401 arbres ont été coupés en 856 tronçons, et 275 de ceux-ci ont été classés comme des billes de sciage (F1 à F3). Nous avons calculé le volume brut de chaque bille en multipliant sa longueur par la surface moyenne des deux découpes. Ensuite, nous avons obtenu le volume net en soustrayant le volume

carié du volume brut de la bille. Nous avons calculé la proportion colorée de la découpe au fin bout en divisant le diamètre de la zone colorée par celui de la découpe.

2.3. *Modèle des billes*

Notre analyse s'est appuyée sur le modèle de référence de Havreljuk *et al.* (2015) qui utilise l'essence, le DHP et la classe de qualité de l'arbre pour estimer les volumes par produits. Ce modèle a été étalonné avec les données de 2 080 érables à sucre répartis dans 22 secteurs depuis 2002, suivant une méthode de collecte des données comparable à celle décrite ici.

Dans un premier temps, nous avons comparé les principales caractéristiques des billes et des arbres échantillonnés dans les 6 secteurs d'intérêt avec celles de l'ensemble des secteurs utilisés pour étalonner le modèle de Havreljuk *et al.* (2015) ainsi que celles du secteur Rivière de l'Orient, échantillonné en 2019. À l'aide d'analyses de variance ou de covariance, nous avons vérifié si les écarts observés pouvaient être expliqués par des différences de coloration, de minéralisation ou de hauteur des arbres.

Dans un second temps, nous avons comparé les données des billes des 6 secteurs d'intérêt à celles du modèle de Havreljuk *et al.* (2015) pour la comparaison avec le territoire à l'étude. Parmi les 2 030 érables à sucre ayant servi à étalonner ce modèle, nous avons sélectionné 595 arbres provenant de 11 autres secteurs situés dans 8 sous-régions écologiques (figure 1) ainsi que celles du secteur Rivière de l'Orient. Chacun des secteurs sélectionnés devait contenir au moins 15 arbres sur pied ayant un DHP de 33,1 à 49,0 cm et une qualité de classe AB ou C. Pour chacun de ces secteurs, nous avons calculé les volumes moyens observés et prédits, puis la différence entre la valeur observée et celle prédite : c'est le biais moyen. Un biais positif représente une sous-estimation par rapport à la mesure réelle, tandis qu'un biais négatif représente une surestimation.

2.4. *Matrice de répartition par produits*

Nous avons étalonné une matrice de répartition par produits du volume marchand brut (VMB) des érables à sucre (sciage, pâte, rebuts et carie) propre aux 5 secteurs de la zone d'érable à sucre non minéralisé. Ce type de matrice est en fait une représentation de la proportion du VMB de l'arbre (selon Perron 2003) associée à chacun des produits qu'il peut fournir à la sortie de la forêt. Cette matrice est nécessaire pour utiliser le Modèle d'évaluation de rentabilité des investissements sylvicoles (MERIS) du BMMB¹, qui contient déjà des matrices provinciales étalonnées à partir des mêmes données que le modèle de Havreljuk *et al.* (2015). L'étalonnage d'une matrice propre à ces 5 secteurs permettra d'effectuer des analyses financières et économiques mieux adaptées à la réalité des produits qui y sont récoltés. Il s'agit ici d'une matrice provisoire qui n'est pas disponible dans la version de base de MERIS, mais que nous pouvons

¹ <https://bmmb.gouv.qc.ca/analyses-economiques/outils-d-analyse/>

fournir sur demande. Nous avons aussi étalonné une autre matrice avec les seules données du secteur Sloe afin d'évaluer l'effet de ces échantillons dans la zone d'érable à sucre minéralisé.

Un de nos objectifs était de comparer les résultats produits par ces 2 matrices de répartition par produits (celle des 5 secteurs de la zone d'érable à sucre non minéralisé et celle du secteur Sloe) à ceux de la matrice provinciale actuelle dans MERIS et de celle utilisée par la Direction de la gestion des stocks ligneux (DGSL) pour attribuer les garanties d'approvisionnement. Pour ce faire, nous avons utilisé les données locales d'inventaire pour calculer les volumes par produits de l'érable à sucre avec les 3 premières matrices. Les données d'inventaires ont été fournies par la DGFL et la DGFO dans le cadre d'un autre projet sur une partie du territoire d'étude. Elles contiennent des données de 20 unités de compilation² (UC) représentant des peuplements de feuillus situés dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest. Les 17 UC des Laurentides incluent seulement des érablières (type écologique FE32) réparties dans l'UA 064-71, tandis que les 3 unités de l'Outaouais (UA 074-51) incluent plusieurs types de peuplements de feuillus dans lesquels pousse l'érable à sucre. Le principal critère ayant restreint le nombre d'unités sélectionnées a été la disponibilité d'une donnée sur la qualité des billes de pied (ABCD) dans l'inventaire forestier, en plus des données habituelles d'essence, de DHP et de priorité de récolte (MSCR). Dans chaque UC, de 5 à 51 placettes, réparties à raison d'une placette aux 3 à 4 hectares, ont été mesurées au prisme (moyenne de 21 placettes/UC).

Les volumes de sciage et de pâte ont été estimés avant la récolte selon une matrice de répartition du VMB par produits calculé avec les équations de VMB de Perron (2003) intégrées dans l'outil MERIS sur la base de l'essence, du DHP et de la qualité (ABCD) de l'arbre. Cette matrice, tout comme les 2 autres étalonnées dans la présente étude, contient les pourcentages du VMB de chaque arbre qui peuvent être obtenus sous forme de billes de différentes qualités. Nous avons appliqué ces 3 matrices aux inventaires des 20 UC, d'abord pour obtenir leurs volumes de sciage et de pâte, ensuite pour calculer les volumes moyens par produit pour chaque unité, puis, finalement, pour obtenir la proportion moyenne du VMB en sciage et en pâte.

3. Résultats

3.1. Coloration et minéralisation

La proportion colorée de la découpe au fin bout des billes de sciage varie significativement selon les secteurs ($p < 0,0001$; figure 3). Les colonnes de la figure 3 ont été triées selon l'emplacement des secteurs : du sud au nord, puis de l'ouest vers l'est. Nous remarquons deux sommets dans la proportion de coloration, de même que deux creux :

² Unité de compilation : ensemble de peuplements forestiers regroupés aux fins de la prescription sylvicole dans un secteur d'intervention.

- Le premier sommet est formé des deux secteurs situés dans la sous-région écologique 2aT (Gosselin *et al.* 1998), soit la plus méridionale, avec un peu plus de 50 % de coloration.
- Le second sommet, avec près de 60 % de coloration, comprend 5 des 6 secteurs d'intérêt : Sainte-Véronique A et B, Chatal, Gorman et Sloe. De plus, dans le seul autre secteur situé dans l'UA 064-71, soit Dumouchel, on observe 53,1 % de coloration. Les 2 autres secteurs de la sous-région 3bT ont aussi près de 50 % de coloration, soit des valeurs comparables à celles du sommet de la sous-région 2aT.
- Le premier creux comprend les 2 secteurs dans la sous-région 3bM, avec des valeurs d'un peu plus de 40 % de coloration.
- Le second creux comprend 4 secteurs dans l'est de la province. Nous le notons à partir du secteur Parker, situé dans l'est de la sous-région 4cT (à plus de 200 km du secteur Sloe), puis dans les secteurs Bénédicte et Rivière de l'Orient, dans lesquels on observe les plus faibles proportions de coloration, soit près de 40 %.

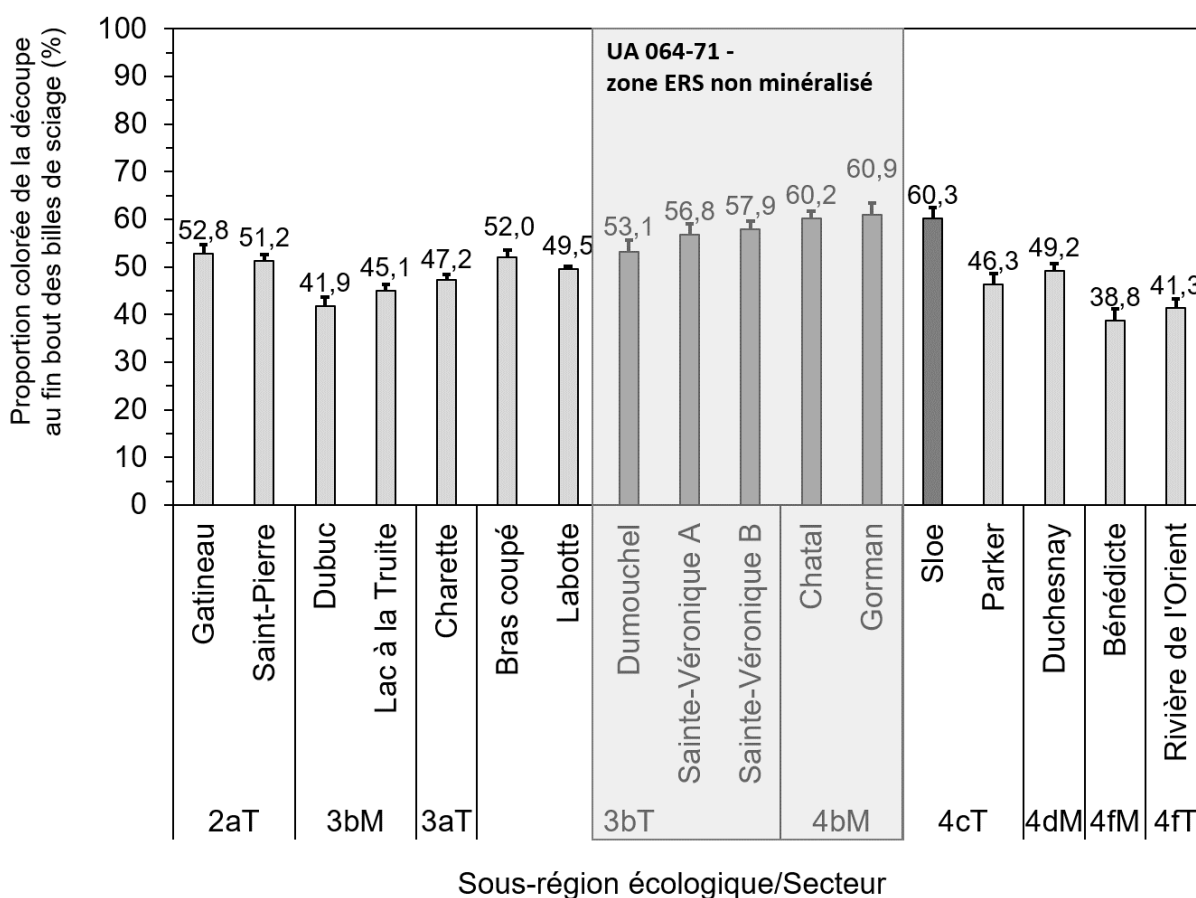


Figure 3. Valeurs moyennes de la proportion colorée de la découpe au fin bout des billes de sciage, selon la sous-région écologique et le secteur. Les barres d'erreur représentent l'erreur type. Le secteur Cook est absent du graphique, car la coloration des billes n'y a pas été évaluée.

La proportion des billes de sciage montrant au fin bout des taches de minéralisation varie significativement entre les secteurs ($p < 0,0001$; figure 4). Elle atteint un sommet (plus de 75 %) dans les secteurs Sainte-Véronique B, Chatal, Gorman et Sloe. Les valeurs minimales s'observent aux 2 extrêmes du gradient géographique, soit dans le sud-ouest (secteurs Gatineau et Dubuc) et à l'extrême est (secteur Rivière de l'Orient).

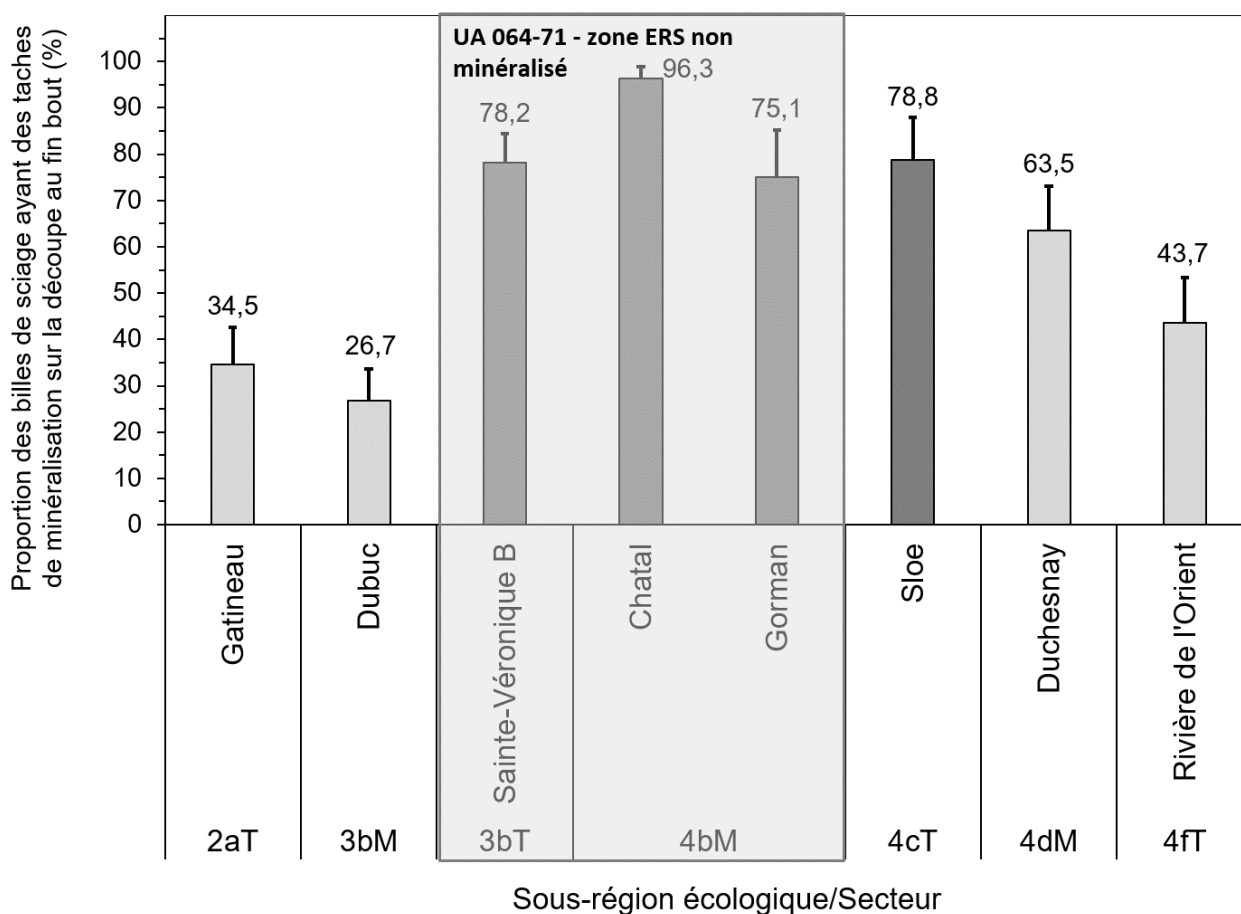


Figure 4. Proportions des billes de sciage dont la découpe au fin bout présente des taches de minéralisation, selon la sous-région écologique et le secteur. Les barres d'erreur représentent l'erreur type.

3.2. Hauteur des arbres

La hauteur des arbres variait significativement entre les secteurs ($p < 0,0001$; figure 5) et selon leur DHP ($p < 0,0001$). Les arbres échantillonnés avec un DHP de 33,1 à 49,0 cm dans 9 des secteurs étudiés avaient une hauteur variant de 12,5 à 29,9 m (moyenne : 21,5 m pour un DHP moyen de 40,0 cm). Toutefois, pour un même DHP, ils étaient significativement plus courts au secteur Bénédicte qu'aux secteurs Gatineau et Chatal ($p \leq 0,0413$). Ils étaient aussi plus courts au secteur Gorman que dans tous les autres ($p \leq 0,0324$), à l'exception du secteur Bénédicte. Contrairement aux variables précédentes, nous ne percevons pas de tendance géographique pour les variations de hauteur.

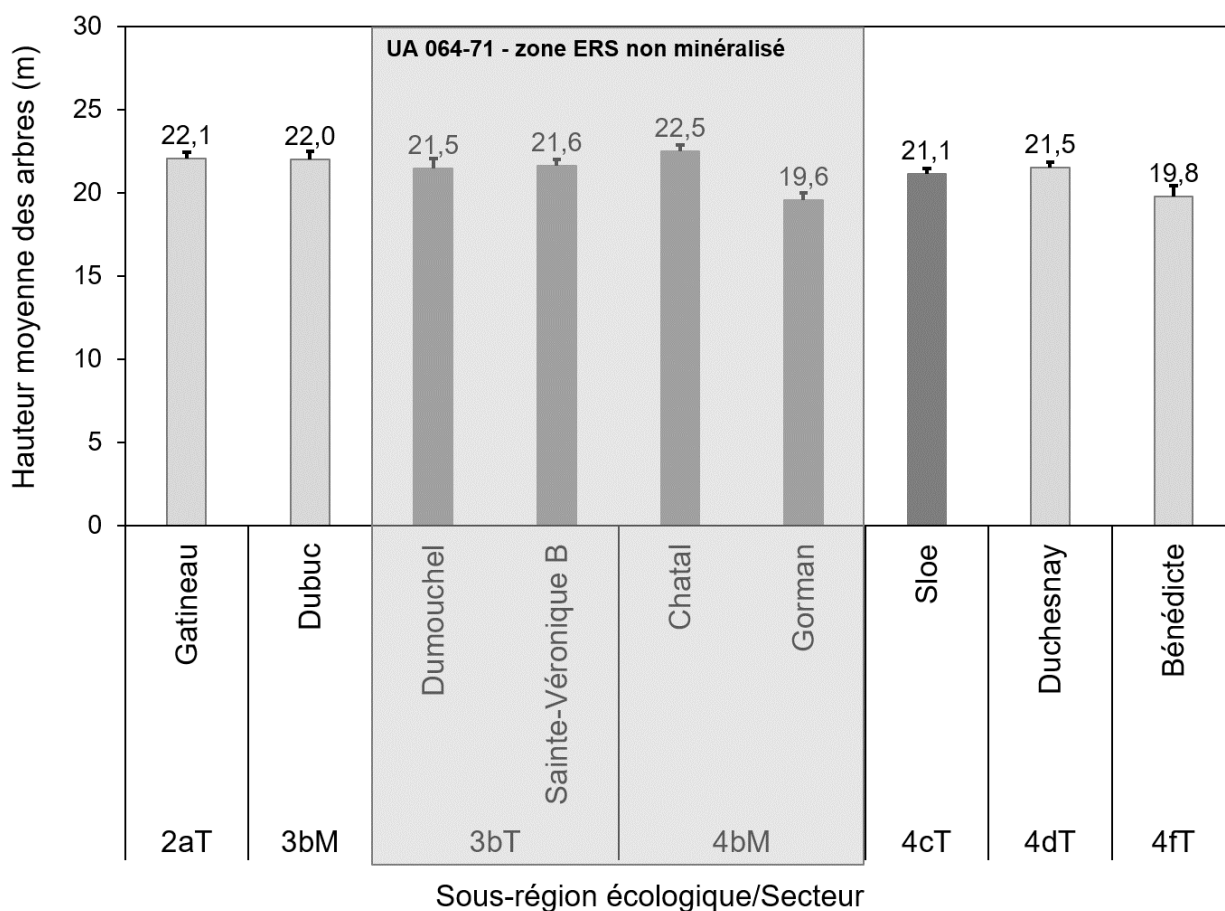


Figure 5. Hauteur moyenne des arbres ayant un DHP de 33,1 à 49,0 cm, ajustée à un DHP moyen de 40 cm, selon la sous-région écologique et le secteur d'étude. Les barres d'erreur représentent l'erreur type.

3.3. Modèle de volume net des billes

Pour l'érable à sucre, le modèle de Havreljuk *et al.* (2015) prédit un volume net des billes de sciage (F1F2F3) 56,3 % plus grand que celui observé en moyenne dans les 5 secteurs d'intérêt de la zone d'érable à sucre non minéralisé (biais relatif moyen de -56,3 %; tableau 2). Bien que l'ampleur de ce biais soit variable entre les 5 secteurs échantillonnés (-16,3 % à -177,8 %), il est toujours dans le même sens et il est généralement plus important pour les arbres de qualité C. La surestimation est encore plus grande au secteur Sloe, soit le seul que nous avons échantillonné dans la zone d'érable à sucre minéralisé (-370,0 %; tableau 3). Dans les 11 autres secteurs étudiés ailleurs dans la province, les biais moyens sur le volume de sciage F1F2F3 vont de -81,0 % à +22,8 %, avec une moyenne de 6,9 % (annexe).

Tableau 2. Volumes nets observés et prédits des billes de sciage d'érable à sucre selon les classes de qualité des arbres sur pied dans les 5 secteurs d'intérêt situés dans la zone d'érable à sucre non minéralisé, et biais absolus et relatifs du modèle de Havreljuk *et al.* (2015) par rapport aux observations des arbres d'un DHP de 33,1 à 49,0 cm (n : nombre d'observations, s. o. : sans objet).

Secteur	Billes	Classe de qualité	n	Volume (m ³)		Biais	
				observé	prédit	absolu (m ³)	Relatif (%)
Chatal	F1F2F3	AB	23	0,54	0,60	-0,06	-11,1
		C	24	0,31	0,45	-0,14	-45,2
		Moyenne	47	0,42	0,53	-0,11	-26,2
	F1F2	AB	23	0,22	0,35	-0,13	-59,1
		C	24	0,02	0,16	-0,14	-700,0
		Moyenne	47	0,12	0,25	-0,13	-108,3
Dumouchel	F1F2F3	AB	12	0,38	0,61	-0,23	-59,4
		C	4	0,30	0,31	-0,01	-5,0
		Moyenne	16	0,36	0,54	-0,17	-48,3
	F1F2	AB	12	0,25	0,36	-0,11	-42,2
		C	4	0,00	0,08	-0,08	s. o.
		Moyenne	16	0,19	0,29	-0,10	-52,9
Gorman	F1F2F3	AB	14	0,26	0,57	-0,31	-119,2
		C	16	0,11	0,44	-0,33	-300,0
		Moyenne	30	0,18	0,50	-0,32	-177,8
	F1F2	AB	14	0,06	0,31	-0,25	-416,7
		C	16	0,00	0,16	-0,16	s. o.
		Moyenne	30	0,03	0,23	-0,20	-666,7
Sainte-Véronique A	F1F2F3	AB	10	0,50	0,60	-0,10	-19,6
		C	13	0,31	0,35	-0,04	-12,3
		Moyenne	23	0,40	0,46	-0,06	-16,3
	F1F2	AB	10	0,32	0,35	-0,03	-10,0
		C	13	0,13	0,10	0,03	21,8
		Moyenne	23	0,22	0,21	0,00	1,2
Sainte-Véronique B	F1F2F3	AB	21	0,41	0,58	-0,17	-41,5
		C	27	0,16	0,38	-0,22	-137,5
		Moyenne	48	0,27	0,47	-0,20	-74,1
	F1F2	AB	21	0,21	0,33	-0,12	-57,1
		C	27	0,08	0,12	-0,04	-50,0
		Moyenne	48	0,14	0,21	-0,07	-50,0
Moyenne des 5 secteurs de l'UA 064-71	F1F2F3	AB	80	0,43	0,59	-0,16	-37,2
		C	84	0,22	0,40	-0,18	-81,8
		Moyenne	164	0,32	0,50	-0,17	-56,3
	F1F2	AB	80	0,21	0,34	-0,13	-61,9
		C	84	0,05	0,13	-0,08	-160,0
		Moyenne	164	0,13	0,23	-0,10	-76,9
	F3	AB	80	0,22	0,25	-0,03	-13,6
		C	84	0,17	0,27	-0,10	-58,8
		Moyenne	164	0,19	0,26	-0,07	-36,8
		D	23	0,02	0,12	-0,10	-500,0

Ce groupe des 5 secteurs d'intérêt se distingue encore plus des autres secteurs étudiés si l'on considère le volume de sciage F1F2 (tableau 2 et annexe). En effet, le biais moyen de ces 5 secteurs est de -76,9 %, pour des valeurs variant de -666,7 % à 1,2 % (tableau 2), alors qu'il varie de -96,2 % à 40,0 % dans les 11 autres secteurs (moyenne de 12,9 %; annexe). De plus, le biais moyen dans ces 5 secteurs d'intérêt est encore plus grand pour les arbres de qualité C, atteignant -160,0 %, comparativement à -61,9 % pour les arbres de qualité AB. Quant au secteur Sloe, un seul arbre d'un DHP de 33,1 à 49,0 cm a produit une bille F2. Toutefois, 2 arbres de plus grand DHP et de qualité AB ont produit une bille F2 chacun (données non présentées).

Dans les 5 secteurs d'intérêt situés dans la zone d'érable à sucre minéralisé, les arbres de qualité AB ont produit le volume attendu par le modèle pour les billes F3 (biais de seulement -13,6 %; tableau 2), mais les arbres de qualité C en ont produit beaucoup moins (biais de -58,8 %). À titre indicatif, des 41 arbres de qualité D d'un DHP de 33,1 à 49,0 cm échantillonnés dans ces secteurs, seulement 10 arbres ont produit des billes de sciage (12 billes F3 et une bille F2); notons que 7 d'entre eux étaient dans le secteur Sainte-Véronique A (données non présentées).

Tableau 3. Volumes nets observés et prédits des billes de sciage d'érable à sucre selon les classes de qualité des arbres sur pied dans le secteur Sloe, situé dans la zone d'érable à sucre minéralisé au pourtour de l'UA 064-71, et biais absolus et relatifs du modèle de Havreljuk *et al.* (2015) par rapport aux observations des arbres d'un DHP de 33,1 à 49,0 cm (n : nombre d'observations, s. o. : sans objet).

Billes	Classe de qualité	n	Volume (m ³)		Biais	
			observé	prédit	absolu (m ³)	Relatif (%)
F1F2F3	AB	21	0,18	0,55	-0,37	-205,6
	C	29	0,05	0,42	-0,37	-740,0
	Moyenne	50	0,10	0,47	-0,37	-370,0
F1F2	AB	21	0,00	0,31	-0,31	s. o.
	C	29	0,01	0,14	-0,13	-1 300,0
	Moyenne	50	0,01	0,21	-0,20	-2 000,0
F3	AB	21	0,18	0,24	-0,06	-33,3
	C	29	0,04	0,28	-0,24	-600,0
	Moyenne	50	0,10	0,26	-0,16	-160,0

3.4. Matrice de répartition par produits

La proportion moyenne de sciage parmi le VMB sur pied pour l'érable à sucre dans les 20 UC sélectionnées dans l'UA 064-71 est 37 % plus faible que la proportion moyenne calculée avec la matrice provinciale (19,1 % comparé à 30,3 %, tableau 4). Cette perte de sciage est principalement transférée dans la pâte (+9 %) ainsi que dans la carie et les rebuts (+29 %). Dans le secteur Sloe, la proportion de sciage est réduite de 69 % comparativement à la proportion moyenne calculée avec la matrice provinciale, et ce volume est transféré vers la pâte (+30 %) ainsi que la carie et les rebuts (+29 %). À titre indicatif, les proportions moyennes calculées sur pied avec la matrice provinciale dans les 20 UC à l'étude sont

semblables à celles utilisées par la DGSL pour répartir la possibilité forestière et attribuer les garanties d'approvisionnement.

Tableau 4. Proportion moyenne de sciage, de pâte ou de carie et rebuts dans le volume marchand brut (VMB) de l'érable à sucre sur pied dans 20 unités de compilation à l'étude selon la matrice provinciale, celle étalonnée pour la zone d'érable à sucre non minéralisé de l'UA 064-71 et celle étalonnée pour le secteur Sloe (zone d'érable à sucre minéralisé), et répartition attribuée dans les garanties d'approvisionnement de l'UA 064-71 en 2018-23. Les valeurs entre crochets indiquent le taux d'écart avec la matrice provinciale.

Produit	Matrice (% du VMB [taux de changement])			Attribution UA 064-71
	Provinciale	UA 064-71	Sloe	
Sciage	30,3	19,1 [-37]	9,3 [-69]	28,1
Pâte	46,1	50,4 [9]	60,1 [30]	47,9
Carie et rebuts	23,6	30,5 [29]	30,5 [29]	24,0

4. Discussion

Les résultats démontrent d'abord que des taches de minéralisation ont été observées sur la découpe au fin bout des billes de sciage d'érable à sucre dans toutes les régions du Québec (figure 4). Ce constat remet en question la délimitation de l'UA 064-71 en 2 zones, dites d'érable à sucre minéralisé ou non. Toutefois, la fréquence de ce défaut varie grandement dans la province. Elle est à son minimum près de la vallée de la rivière Gatineau (27 % au secteur Dubuc). Par contraste, elle est à son maximum dans les secteurs échantillonnés à la jonction des sous-domaines de l'Ouest de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune, c'est-à-dire dans l'UA 064-71 et à son pourtour (avec un maximum de 96 % au secteur Chatal). De plus, nous n'avons pas quantifié l'ampleur de ces taches, laquelle pourrait varier considérablement entre les secteurs (Ouimet et Saucier 1994). Lors du sciage des planches issues des secteurs échantillonnés de 2018 à 2020, nous avons constaté que les classificateurs considéraient ces taches au même titre que d'autres formes de coloration lors de la classification des planches (NHLA 2014). Par conséquent, celles-ci entraînaient rarement un déclassement supplémentaire des planches. L'allégation de plus faible valeur de l'érable à sucre récolté dans les secteurs d'intérêt ne découle donc pas principalement des taches de minéralisation.

Toutefois, les 6 secteurs d'intérêt sont ceux où la découpe au fin bout des billes de sciage d'érable à sucre a la plus grande proportion colorée (de 53 à 61 %, comparativement à des valeurs de 39 à 53 % dans le reste du territoire d'étude; figure 3). D'autres secteurs situés aussi à la jonction des sous-domaines de l'Ouest de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune mériteraient d'être sondés afin d'évaluer l'étendue de cette zone où le bois d'érable à sucre est plus coloré. Selon la méthode de tronçonnage et de classification des billes de sciage (Petro et Calvert 1976), en présence de taches de minéralisation, les billes avec plus de 50 % de coloration au fin bout sont rétrogradées d'une classe pour les meilleures billes de sciage, soit de F1 à F2 ou de F2 à F3, mais sans que cela n'entraîne pas de perte

de sciage. Ainsi, cette coloration associée à des taches de minéralisation peut expliquer une partie de l'écart de volume net des billes de haute qualité F1F2 dans le territoire à l'étude, comparativement au modèle provincial ($-0,10 \text{ m}^3/\text{arbre}$ de qualité ABC, ou -43%). Cependant, elle n'explique pas à elle seule la perte de $0,17 \text{ m}^3$ de bois d'œuvre total (F1F2F3) par arbre de qualité ABC, ce qui représente 34% de la moyenne provinciale (tableau 2). Ces pertes ne s'expliquent pas non plus par des différences dans la hauteur des arbres (figure 5).

Ainsi, l'apparence externe de ces arbres, telle que nous l'avons évaluée, ne laissait pas présager que leur bois était de qualité aussi faible. Leur cœur renfermait plus de carie et de défauts internes que ce qu'il est possible d'évaluer lors du classement de la bille de pied avec le système de classement habituel. Notons que la perte de volume net était encore plus importante au secteur Sloe ($-0,37 \text{ m}^3/\text{arbre}$ de qualité ABC ou -79%), situé dans la zone dite d'érable à sucre minéralisé et à l'endroit le plus frais parmi ceux étudiés ($1,6 \text{ }^\circ\text{C}$; tableau 1). Havreljuk *et al.* (2013) avaient d'ailleurs observé que la température minimale annuelle pouvait expliquer une partie de la variation régionale dans la proportion colorée de l'érable à sucre.

La conversion des données des secteurs d'intérêt en format de matrice de répartition par produits selon le DHP et la qualité a permis de comparer les résultats des 5 secteurs de l'UA 064-71, d'une part, et celles du secteur Sloe, d'autre part, avec celle de la matrice provinciale utilisée dans MERIS, de même qu'avec celle utilisée pour attribuer les garanties d'approvisionnement dans ce territoire (tableau 4). Bien qu'on ne puisse pas présumer que les données d'inventaire utilisées soient représentatives de cette UA, les résultats sont riches en information, notamment ceux des valeurs relatives. D'abord, on constate que la plus faible proportion de sciage pour les érables à sucre de la zone non minéralisé de l'UA 064-71 (-11 points de pourcentage du VMB) n'est que peu compensée par un gain de pâte (seulement $+4$ points de pourcentage). C'est davantage vers la carie et les rebuts ($+7$ points de pourcentage) que la perte de sciage est surtout transférée. Quant au secteur Sloe, la perte de bois d'œuvre est encore plus importante (-10 points de pourcentage supplémentaires par rapport aux secteurs de l'UA 064-71), et cette perte additionnelle de sciage est transférée dans la pâte. De manière relative, il manque un plus du tiers du sciage dans l'UA 064-71, et un peu plus des deux tiers dans le secteur Sloe, comparativement à la matrice provinciale (taux d'écart de -37% et de -69% , respectivement; tableau 4).

Les résultats montrent qu'au lieu de séparer le territoire couvrant les secteurs d'intérêt en zones d'érable à sucre minéralisé ou non (figure 2), il serait préférable de le séparer selon la proportion potentielle de sciage pouvant être contenue dans les érables à sucre. Une autre option serait de déterminer quelles caractéristiques locales permettraient d'évaluer la proportion de sciage que peuvent contenir les érables à sucre. Ainsi, la zone actuelle dite d'érable à sucre non minéralisé de l'UA 064-71 devrait plutôt être définie comme une zone d'érable à sucre de faible qualité par rapport à la moyenne provinciale. De même, la zone actuelle dite d'érable à sucre minéralisé serait plutôt une zone d'érable à sucre de qualité pâte. Cependant, nous ne connaissons pas réellement les critères qui permettraient de bien délimiter ces zones, et nous

n'avons échantillonné qu'un seul secteur dans la zone dite d'érable à sucre minéralisé au pourtour de l'UA 064-71. C'est peu, vu la variabilité quand même grande entre les secteurs d'intérêt (tableau 2). D'ailleurs, Ouimet et Saucier (1994) avaient déjà rapporté une grande variabilité qui pourrait être associée à la géologie locale, elle aussi assez variable³.

Une bonification des connaissances serait donc nécessaire avant de procéder à un autre découpage du territoire. Des recherches sont en cours sur ces questions, notamment un projet visant à évaluer la variabilité de la coloration et de la carie selon un gradient longitudinal et latitudinal des érablières dans l'ensemble du sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest et dans le nord du sous-domaine de l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest. Cette évaluation devrait permettre de vérifier s'il existe un gradient selon la position géographique, mais aussi de vérifier certaines hypothèses au sujet des variables pouvant influencer la formation de la coloration et de la carie, telles que le diamètre, l'âge, la croissance de l'arbre et ses défauts externes.

Nous avons évalué que les écarts avec la matrice provinciale présentés dans ce rapport pouvaient se répercuter dans trois types d'analyses effectuées au MFFP dans le territoire à l'étude :

Premièrement, ces écarts influencent certainement les valeurs absolues des indicateurs financiers et économiques dans les analyses effectuées avec l'outil MERIS (p. ex. l'évaluation de la rentabilité d'un scénario d'aménagement). Toutefois, ils sont susceptibles d'avoir peu d'effets sur des analyses comparatives (p. ex. celles visant à comparer la rentabilité de 2 scénarios d'aménagement), ce qui est l'usage le plus répandu au MFFP. Rappelons toutefois que la valeur absolue de la rentabilité financière est une variable d'importance capitale pour un scieur.

Deuxièmement, ces écarts pourraient influencer l'attribution des garanties d'approvisionnement en érable à sucre. La proportion de sciage utilisée pour attribuer les garanties d'approvisionnement dans l'UA 064-71 (28,1 %) est légèrement plus faible que celle obtenue avec la matrice provinciale et le jeu de données des arbres sur pied (30,3 %; tableau 4). Toutefois, il ne faut pas se méprendre : la matrice d'attribution doit refléter davantage le bois récolté que celui sur pied. Il est normal d'observer un écart de la proportion de sciage entre ces 2 états, puisque les choix de peuplements à récolter et les directives de récolte sont souvent formulés de manière à récolter plus de bois d'œuvre que ce que contient le peuplement moyen sur pied. Avec les données d'inventaire des 20 UC, nous avons simulé une récolte comparable à la pratique courante en 2019 dans l'UA 064-71; la proportion de sciage récoltée avec la matrice des 5 secteurs de l'UA 064-71 y était de 22 % (données non présentées), comparativement à 19,1 % de sciage sur pied (tableau 4), ce qui représente un gain de 3 points de pourcentage. Ainsi, l'écart de sciage entre la nouvelle matrice et celle utilisée pour calculer les attributions est susceptible d'être moindre que ce que présagent

³ À ce sujet, le lecteur est invité à consulter la carte interactive de géologie régionale du socle rocheux à l'adresse : http://sigeom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/I1108_afchCarteIntr.

les données du tableau 4. De plus, le volume de sciage d'érable à sucre et d'érable rouge garanti dans l'UA 064-71 est de 32 980 m³ (23 600 m³ à des BGA et 9 380 m³ pour les ventes aux enchères), alors que la possibilité forestière est de 38 580 m³. Cela dégage une marge de manœuvre de 5 600 m³ (ou 14,5 %) pour amortir le risque que la matrice utilisée ait surestimé le volume disponible.

Finalement, les écarts avec la matrice provinciale pourraient avoir des effets sur le calcul de la valeur marchande des bois sur pied (VMBSP). Cette valeur est d'abord basée sur des résultats de vente de bois aux enchères par le BMMB. Nous présumons que les soumissionnaires sont au fait que la matrice utilisée par le MFFP surestime généralement le volume de sciage d'érable à sucre à récolter dans ce territoire et qu'ils ajustent leur prix en conséquence.

5. Conclusion

Ces résultats confirment l'hypothèse que l'érable à sucre nordique est de qualité moindre que celui provenant de secteurs situés plus au sud, non seulement à cause de son apparence externe (Guillemette et Bédard 2019), mais aussi de ses caractéristiques internes comme la carie, la coloration de cœur et les taches de minéralisation. Ce constat corrobore les allégations que l'érable à sucre croissant en conditions nordiques est moins rentable.

Nous avons concentré les analyses dans la portion sud de l'UA 064-71 à cause des possibilités d'échantillonnage, mais la délimitation réelle de la zone d'inférence de ces résultats demeure mal connue. Ainsi, nous recommandons de poursuivre des travaux d'échantillonnage autour des secteurs d'intérêt. Les résultats du projet en cours visant à évaluer la variabilité de la coloration et de la carie selon un gradient longitudinal et latitudinal pourraient aider à cibler les prochains endroits à échantillonner en priorité.

Les résultats soutiennent aussi la demande de révision du calcul du diamètre à maturité financière qui a été effectuée pour ce territoire. En effet, les érables à sucre de l'UA 064-71 fournissent nettement moins de sciage que ce que prédit le modèle utilisé jusqu'à maintenant pour le calcul du diamètre à maturité financière. Toutefois, les paramètres de croissance, de mortalité et de changement de vigueur ou de qualité déterminent bien plus le diamètre à maturité financière que la valeur des arbres (Guillemette 2016). Le projet en cours sur les érablières nordiques pourrait nous éclairer à ce sujet, notamment quant au potentiel de production d'arbres de qualité dans ces territoires nordiques.

Finalement, nos résultats montrent aussi que la matrice étalonnée pour la zone d'érable à sucre non minéralisé de l'UA 064-71 est utile pour des analyses financières et économiques spécifiques à l'érable à sucre dans ce territoire.

6. Références bibliographiques

- [BMMB] Bureau de mise en marché des bois, 2018. *Manuel de mesurage des bois récoltés sur les terres du domaine de l'État. Exercice 2018-2019*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la tarification et des opérations financières. 315 p.
- Boulet, B., 2005. *Défauts externes et indices de la carie des arbres*. Les Publications du Québec. Québec, QC. 291 p.
- [CIFQ] Conseil de l'industrie forestière du Québec, 2016. *Feuillus*. Pribec 41(5). 2 p.
- Germain, R.H., R.D. Yanai, A.K. Mishler, Y. Yang et B.B. Park, 2015. *Landscape and individual tree predictors of dark heart size in sugar maple*. J. For. 113(1): 20-29.
<https://doi.org/10.5849/jof.14-004>
- Gosselin, J., P. Grondin et J.-P. Saucier, 1998. *Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la gestion des stocks forestiers. 160 p.
<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rc-sapiniere-bouleau-jaune-ouest-57.pdf>
- Guillemette, F., 2016. *Diamètres à maturité pour l'érable à sucre et le bouleau jaune au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière n° 145. 14 p.
<http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Note145.pdf>
- Guillemette, F., 2019. *Étude provisoire de la qualité interne de l'érable à sucre en peuplement nordique — Partie 1 : matrice de répartition par produits*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Avis technique SSRF-16. 14 p.
https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/recherche/AT_SSRF-16.pdf
- Guillemette, F. et S. Bédard, 2019. *Potential for sugar maple to provide high-quality sawlog trees at the northern edge of its range*. For. Sci. 65(4): 411-419. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxz008>
- Havreljuk, F., A. Achim et D. Pothier, 2013. *Regional variation in the proportion of red heartwood in sugar maple and yellow birch*. Can. J. For. Res. 43(3): 278-287. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2012-0479>
- Havreljuk, F., S. Bédard, F. Guillemette et J. DeBlois, 2015. « Predicting log grade volumes in northern hardwood stands in southern Quebec ». Dans : *Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Hardwood Processing (ISCHP2015)*. 15-17 septembre 2015. Québec, QC. p. 107-114.

- Majcen, Z., Y. Richard, M. Ménard et Y. Grenier, 1990. *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquienues*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources (Forêts), Direction de la recherche et du développement. Mémoire de recherche n° 96. 94 p.
<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire96.pdf>
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2014. *Classification des tiges d'essences feuillues (2^e édition)*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. Normes techniques. 108 p.
<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/classif-tiges-essence-feuillues-6.pdf>
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2017. *Plan d'aménagement forestier intégré tactique 2018-2023 — Région des Laurentides*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la modernisation de l'industrie des produits forestiers. 136 p. (+ 3 annexes).
https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/PAFIT_UA06151_06452-Laurentides.pdf
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2020. *Ressources et industries forestières du Québec — Portrait statistique 2019*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la gestion des forêts Lanaudière-Laurentides. 120 p. (+ annexe).
https://mffp.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/PortraitStatistique_2019.pdf
- [NHLA] National Hardwood Lumber Association, 2014. *Rules for the measurement and inspection of hardwood and cypress lumber plus NHLA sales code and inspection regulations*. Memphis, TN (États-Unis). 104 p.
- Ouimet, R. et J.-P. Saucier, 1994. *Relation entre les facteurs écologiques et la minéralisation de l'érable à sucre (Acer saccharum Marsh.) dans le sud-ouest du Québec*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche (Forêts). Rapport interne n° 383. 27 p.
- Perron, J.Y., 2003. *Tarif de cubage général — volume marchand brut. 3^e publication*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. 53 p. <https://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/tarif-de-cubage-64.pdf>
- Petro, F.J., 1971. *Felling and bucking hardwoods — How to improve your profit*. Canadian Forestry Service, Department of Fisheries and Forestry. Publication n° 1291. 140 p.
- Petro, F.J. et W.W. Calvert, 1976. *How to grade hardwood logs for factory lumber*. Canadian Forestry Service, Department of Fisheries and the Environment. Forestry Technical Report n° 6. 67 p.
- Rast, E.D., D.L. Sonderman et G.L. Gammon, 1973. *A guide to hardwood log grading. Revised edition*. U.S.D.A., Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Upper Darby, PA (États-Unis). Gen. Tech. Rep. NE-1. 32 p. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/3948>

Régnière, J. et R. Saint-Amant, 2008. *BioSIM 9 — Manuel de l'utilisateur*. Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides. Rapport d'information LAU-X-134f. 74 p.
<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=28769>

François Guillemette, ing.f., M. Sc.

Filip Havreljuk, ing.f., Ph. D.

Steve Bédard, ing.f., M. Sc.

Service de la sylviculture et du rendement des forêts

Annexe. Volumes nets observés et prédits des billes de sciage des classes de qualité F1F2F3 et F1F2 pour des érables à sucre de DHP de 33,1 à 49,0 cm, et biais absolus et relatifs du modèle de Havreljuk *et al.* (2015) par rapport aux observations, selon le secteur et la classe de qualité des arbres sur pied (n : nombre d'observations).

Secteur	Classe de qualité	n	Volume net — classes F1F2F3 (m ³)		Biais		Volume net — classes F1F2 (m ³)		Biais	
			Observé	Prédit	Absolu (m ³)	Relatif (%)	Observé	Prédit	Absolu (m ³)	Relatif (%)
Bénédicté	AB	13	0,47	0,55	-0,08	-16,6	0,30	0,30	0,00	-0,4
	C	4	0,28	0,38	-0,10	-34,9	0,13	0,12	0,01	9,6
	Moyenne	17	0,43	0,51	-0,08	-19,5	0,26	0,26	0,00	0,8
Bras Coupé	AB	32	0,36	0,51	-0,15	-40,6	0,22	0,27	-0,05	-22,5
	C	17	0,24	0,41	-0,17	-70,9	0,10	0,14	-0,04	-36,7
	Moyenne	49	0,32	0,47	-0,15	-48,4	0,18	0,23	-0,05	-25,2
Charette	AB	21	0,65	0,50	0,15	23,1	0,41	0,27	0,14	35,0
	C	37	0,48	0,40	0,08	17,3	0,24	0,13	0,11	45,6
	Moyenne	58	0,54	0,43	0,11	19,8	0,30	0,18	0,12	40,3
Cook	AB	4	0,57	0,55	0,02	4,0	0,39	0,31	0,09	22,2
	C	13	0,24	0,42	-0,18	-73,4	0,09	0,14	-0,05	-62,4
	Moyenne	17	0,32	0,45	-0,13	-40,7	0,16	0,18	-0,02	-13,2
Dubuc	AB	13	0,48	0,54	-0,06	-12,4	0,24	0,30	-0,06	-22,9
	C	16	0,40	0,33	0,07	16,8	0,10	0,09	0,01	11,2
	Moyenne	29	0,43	0,42	0,01	2,3	0,17	0,18	-0,02	-11,1
Duchesnay	AB	31	0,49	0,48	0,01	1,8	0,26	0,25	0,01	4,1
	C	17	0,16	0,38	-0,23	-145,1	0,05	0,12	-0,07	-135,4
	Moyenne	48	0,37	0,45	-0,07	-19,9	0,19	0,20	-0,02	-9,5

Secteur	Classe de qualité	n	Volume net — classes F1F2F3 (m³)		Biais		Volume net — classes F1F2 (m³)		Biais	
			Observé	Prédit	Absolu (m³)	Relatif (%)	Observé	Prédit	Absolu (m³)	Relatif (%)
Gatineau	AB	24	0,37	0,60	-0,23	-61,2	0,20	0,35	-0,15	-74,0
	C	22	0,15	0,34	-0,20	-135,7	0,03	0,10	-0,07	-279,0
	Moyenne	46	0,26	0,48	-0,21	-81,0	0,12	0,23	-0,11	-96,4
Labotte	AB	141	0,91	0,73	0,18	19,4	0,55	0,46	0,09	15,6
	C	61	0,75	0,51	0,24	32,3	0,30	0,19	0,11	35,6
	Moyenne	202	0,86	0,67	0,20	22,8	0,47	0,38	0,09	19,5
Lac à la Truite	AB	35	0,47	0,43	0,04	8,2	0,24	0,21	0,02	10,5
	C	28	0,39	0,37	0,02	4,7	0,13	0,11	0,02	14,5
	Moyenne	63	0,43	0,40	0,03	6,8	0,19	0,17	0,02	11,7
Parker	AB	10	0,47	0,46	0,01	1,9	0,24	0,24	0,00	2,0
	C	9	0,33	0,44	-0,11	-35,1	0,15	0,15	-0,01	-3,4
	Moyenne	19	0,40	0,45	-0,05	-12,3	0,20	0,20	0,00	0,1
Saint-Pierre	AB	35	0,81	0,72	0,09	10,6	0,56	0,45	0,10	18,6
	C	12	0,51	0,42	0,09	17,8	0,18	0,14	0,03	18,6
	Moyenne	47	0,73	0,64	0,09	11,9	0,46	0,37	0,09	18,6
Total		595	0,58	0,54	0,04	6,9	0,31	0,27	0,04	12,9