

CARTOGRAPHIE DENDROMÉTRIQUE LiDAR

Méthodologie et attributs



Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Secteur des forêts
Direction des inventaires forestiers
Janvier 2018

RÉDACTION

RÉDACTION

Dave Munger, Analyste en géomatique et LiDAR
Martin Riopel, ing. f., Ph. D.
Ian Paiement, ing. f., M. Sc.
Isabelle Pomerleau, ing. f.
Carl Bergeron, ing. f., M. Sc.

COORDINATION

Isabelle Pomerleau, ing. f.

MISE EN PAGE

Josianne Savard, agente de secrétariat, MFFP

ILLUSTRATION ET CARTE

Dave Munger, Analyste en géomatique et LiDAR

RÉVISION LINGUISTIQUE

Pierre Sénéchal, réviseur linguistique

REMERCIEMENTS AU COLLABORATEUR

Antoine Lebœuf, ing. f., Ph. D.

Pour obtenir des renseignements additionnels, veuillez communiquer avec le MFFP à :

Direction des inventaires forestiers

5700, 4^e Avenue Ouest, local A-108
Québec (Québec) G1H 6R1
Téléphone : 418 627-8669
Sans frais : 1 877 936-7387
inventaires.forestiers@mffp.gouv.qc.ca
www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire

Service à la clientèle

Téléphone : 418 627-8600
Sans frais : 1 866 CITOYEN (248 6936)
Télécopieur : 418 643-0720
service.citoyens@mffp.gouv.qc.ca

TABLE DES MATIÈRES

1	MÉTHODOLOGIE.....	1
1.1	Cartographie matricielle du territoire	1
1.1.1	Couche matricielle de la densité du couvert forestier estimée par le LiDAR.....	1
1.1.2	Couche matricielle de la hauteur du couvert forestier estimée par le LiDAR	2
1.1.3	Autres variables considérées	2
1.2	Modèles statistiques et matrices de prédiction des variables dendrométriques.....	4
1.2.1	Données sources	4
1.2.2	Méthode	6
1.2.3	Répartition par produits	7
1.2.4	Validation des modèles à l'aide de chantiers de récolte	7
1.3	Variables dendrométriques	8
1.3.1	Nombre de tiges à l'hectare	8
1.3.2	Surface terrière à l'hectare	8
1.3.3	Volume marchand net	8
2	CARTOGRAPHIE ET ATTRIBUTS.....	11
2.1	Confection de la carte dendrométrique LiDAR.....	11
2.2	Aires minimales de cartographie	13
2.3	Territoire cartographié.....	13
2.4	Attributs de la carte dendrométrique LiDAR	13
2.4.1	Caractéristiques forestières du polygone	13
2.4.2	Caractéristiques dendrométriques	14
2.4.3	Métadonnées et information relatives au polygone	14
2.4.4	La projection	15
3	MISE EN GARDE SUR L'UTILISATION	16

AVANT PROPOS

La Direction des inventaires forestiers (DIF) génère et diffuse, avec l'arrivée du présent produit, deux ensembles d'estimations de variables dendrométriques. Il s'agit de la carte dendrométrique LiDAR qui est l'objet de ce document et de la compilation des peuplements de la carte écoforestière originale de l'inventaire écoforestier du Québec méridional (IEQM). Tout d'abord, il importe de rappeler que toute estimation provenant d'un modèle, d'un plan d'échantillonnage ou d'une autre méthode statistique comporte une erreur qui lui est associée. C'est ainsi que les valeurs estimées à un endroit donné de chacun des deux produits peuvent différer, car différentes approches ont été utilisées pour la production des estimations. Puisque l'erreur d'estimation à l'échelle de chaque polygone des deux cartes n'est pas évaluée, il n'est pas possible de savoir au cas par cas laquelle des deux estimations est la plus proche des valeurs réelles des variables. Chacun de ces produits a été validé rigoureusement avec des méthodes statistiques reconnues, mais ces validations se font pour l'ensemble des modèles et pour des superficies regroupant un grand nombre de polygones (par exemple, unité de sondage, unité de paysage régional, chantier de récolte). Cela dit, au-delà des erreurs d'estimation, il faut plutôt considérer ici que ces produits répondent à des objectifs et à des besoins différents, mais complémentaires, et que c'est plutôt l'application visée qui doit guider l'utilisateur dans le choix d'un produit plutôt que d'un autre.

Les estimations de la carte écoforestière originale, qui considère également les variables LiDAR lorsqu'il y a une acquisition disponible (par exemple : unité d'aménagement 02451), sont réalisées de façon à optimiser la précision du volume marchand brut des essences principales à l'échelle d'une unité de sondage (unité d'aménagement, territoire d'agence de mise en valeur des forêts privées ou unité de planification écologique). À petite échelle, il arrive parfois que les valeurs des variables dendrométriques estimées comportent une erreur plus ou moins importante par rapport aux valeurs dendrométriques réelles. Les essences qui sont peu représentées dans une unité de sondage (peuplements plus rares ou hétérogènes) sont particulièrement vulnérables à cette erreur. Cependant, puisque ces estimations visent à couvrir de grandes superficies, l'erreur des résultats dendrométriques diminue avec l'accroissement de la superficie considérée.

Quant aux estimations de la carte dendrométrique LiDAR, elles ont comme objectif de fournir une information à petite échelle permettant de faciliter la planification des opérations forestières. Suivant cet objectif, les estimations des volumes marchands dans ce produit sont des valeurs nettes et non brutes comme dans les compilations forestières originales. Aussi, les polygones générés sont en moyenne beaucoup plus petits que ceux de la carte écoforestière. Cette finesse supplémentaire est un atout à petite échelle.

Les validations des résultats de la carte dendrométriques LiDAR ont essentiellement été effectuées dans des chantiers de récolte récents. Il s'agit donc d'une validation concrète propre à l'application visée. Par contre, la validité des résultats dans les forêts qui ne sont pas matures ou qui diffèrent de celles récoltées dans les quatre ou cinq dernières années est moins connue. Or, rappelons que la carte dendrométrique LiDAR a pour principale application d'appuyer la planification opérationnelle et non de documenter les jeunes peuplements. Dans le cas des compilations forestières originales, la validation se fait pour l'ensemble des peuplements écoforestiers de 7 m et plus de hauteur à partir des données observées du sondage des placettes-échantillons temporaires. Ainsi, il faut retenir que les deux produits sont complémentaires.

La Direction des inventaires forestiers réalise actuellement une analyse qui permettra de comparer et de valider davantage les estimations dendrométriques des compilations forestières originales, de la carte dendrométrique LiDAR, mais aussi d'autres produits à venir. Cela permettra par la suite de formuler des recommandations essentielles au bon usage de chaque produit.

Enfin, ce document accompagne la diffusion des premiers territoires entièrement couverts par une carte dendrométrique LiDAR. Cette diffusion récente est l'occasion de recevoir des commentaires sur son utilisation, son format, ses variables estimées et l'observation d'écarts entre les valeurs estimées et d'autres observations de mesurage ou de validation. La réception de tels commentaires pourrait suggérer des améliorations aux méthodes ou au produit. Il est donc important de noter que le produit livré pourrait évoluer autant en ce qui a trait à la liste des variables estimées, de leur valeur que de la structure des bases de données géographiques produites (noms, attributs, formats, etc.).

INTRODUCTION

L'arrivée massive de nouvelles technologies dans le monde forestier d'aujourd'hui ouvre la porte à de nombreuses avenues pour améliorer la précision des données d'inventaire produites. La carte dendrométrique¹ LiDAR² est l'exemple parfait des possibilités offertes par ces technologies. En se basant sur la hauteur et la densité des peuplements forestiers obtenus à partir de relevés LiDAR aériens, il nous est maintenant possible d'estimer avec une bonne précision plusieurs variables dendrométriques sans avoir recours à des inventaires d'exploitation. Les données cartographiques tirées de la carte écoforestière permettent également d'affiner les prédictions par groupe d'essences.

Ces évaluations se font à une échelle très fine, ce qui permet de rapprocher les estimations produites et les résultats obtenus à l'échelle des opérations de récolte.

Ce document vise à expliquer la méthode et à présenter les différentes données dendrométriques estimées dans le produit final.

¹ Qualifie le type de variables associées aux polygones de la carte produite. La dendrométrie est une branche de la foresterie qui traite de la connaissance de la forme, des dimensions, de l'accroissement et de l'âge des arbres et des peuplements forestiers, ainsi que des dimensions et des formes de leurs produits (Côté, 2003). La liste des variables dendrométriques estimées et accessibles dans la carte dendrométrique est présentée à l'annexe I.

² LiDAR : *Light detection and ranging*. La référence au LiDAR dans le nom du produit réfère à l'utilisation de la hauteur et de la densité évaluées à partir de données LiDAR pour prédire des variables dendrométriques. Il est important de noter que d'autres méthodes d'estimation peuvent utiliser des données LiDAR, comme c'est le cas des compilations forestières originales.

1 MÉTHODOLOGIE

La création de la carte dendrométrique nécessite deux produits de base, soit :

- une cartographie matricielle de résolution fine du territoire produite à partir des données d'un relevé LiDAR, de la carte écoforestière originale et de la carte des unités de paysage régional;
- une matrice de prédiction des caractéristiques dendrométriques développée par régressions à partir de données de placettes-échantillons de plusieurs inventaires.

Ces deux intrants fondamentaux sont présentés ici de même que la méthode de création des polygones de la carte vectorielle finale à partir de la cartographie matricielle.

1.1 Cartographie matricielle du territoire

Pour produire cette cartographie, il faut que le territoire ait été couvert par un relevé LiDAR relativement récent. Le relevé doit être d'une densité minimale de 2 points/m² et d'une erreur de longitude, de latitude et d'altitude égale ou inférieure à 30 cm.

La conversion du nuage de points LiDAR doit être réalisée selon plusieurs paramètres précis. Cette conversion doit permettre de produire deux couches matricielles représentant les deux variables fondamentales de la présente méthode, soit une matrice de densité du couvert forestier et une matrice de la hauteur du couvert forestier. Ces deux matrices sont générées à l'échelle d'un pixel de 10 m x 10 m.

1.1.1 Couche matricielle de la densité du couvert forestier estimée par le LiDAR

Cette dernière se doit d'être fidèle aux normes de stratification actuelle en vigueur au Québec. Elle est donc produite selon une approche semblable à celle établie dans le document intitulé [*Norme de stratification écoforestière — Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*](#) (MFFP, 2015).

Dans celle-ci, la densité est déterminée par l'évaluation de la proportion (%) de la surface du sol couverte par la projection au sol des cimes des arbres formant la canopée. Cependant, le LiDAR ne permet pas de percevoir l'ombrage au sol et une méthode a ainsi été développée pour simuler l'espace occupé par la canopée dans le paysage. Il en ressort que les valeurs estimées ne correspondent pas nécessairement à celles qui seraient estimées par photo-interprétation.

Cette méthode précise et uniforme permet une évaluation fiable de la densité du couvert forestier des pixels de 10 m x 10 m, et ce, peu importe la densité des points du relevé LiDAR et le type de couvert forestier du territoire. Finalement, afin de joindre les prédictions de la matrice aux données LiDAR matricielles, la densité en pourcentage est convertie en classes A, B, C et D. Une classe E est aussi ajoutée pour les peuplements possédant une densité de moins de 25 %.

1.1.2 Couche matricielle de la hauteur du couvert forestier estimée par le LiDAR

Cette variable est celle qui influe le plus sur le résultat de l'estimation des variables dendrométriques. Elle se doit d'être des plus précises possibles dans l'espace et dans le temps afin de garantir des résultats tout aussi précis pour les variables qui en découlent.

Pour produire celle-ci, il est très important de respecter encore une fois une méthode préétablie afin de convertir le modèle de hauteur de canopée (MHC) en un modèle de hauteur représentatif du couvert forestier (MHRC). Contrairement au MHC qui représente la hauteur des arbres, le MHRC indique la hauteur représentative du couvert forestier. Pour ce faire, une statistique focale est appliquée sur le MHC afin de retenir que les arbres dominants; une moyenne est ensuite calculée pour lisser les écarts.

De plus, un facteur de correction de la hauteur du relevé LiDAR doit être appliqué afin de ramener ce dernier à la hauteur réelle observable sur le terrain. Cette correction varie selon le type de relevé LiDAR et est directement attribuable à la probabilité que le faisceau du LiDAR atteigne précisément la cime des arbres sur le terrain. Pour la carte dendrométrique, un facteur standardisé est appliqué selon le nombre de points du relevé LiDAR et se base en partie sur une étude interne produite par la DIF (Lemonde et Lebœuf, 2014).

1.1.3 Autres variables considérées

Afin de raffiner les prédictions dendrométriques, plusieurs variables secondaires sont utilisées. Ces variables sont :

À partir de la carte écoforestière originale :

- la composition détaillée des essences (%);
- le groupement d'essences;
- la classe d'âge.

À partir des cartes du système hiérarchique de classification écologique :

- l'unité de paysage régional.

La composition en essences

Pour répartir par essence le volume marchand total estimé par les modèles statistiques, la composition détaillée des essences (%) de la carte écoforestière³ est utilisée lorsqu'elle est disponible (type de stratification « Essence détaillée⁴ »). Dans le cas où la carte écoforestière la plus récente ne donnerait que le groupement d'essences (3^e et début du 4^e inventaire), ce

³ Il s'agit plus précisément des attributs « essence » et « surface terrière relative de l'essence (%) » de l'étage supérieur de la carte écoforestière.

⁴ Le type de stratification de la carte écoforestière pour chaque territoire est précisé dans le tableau [Disponibilité des produits de l'inventaire écoforestier du Québec méridional](#).

dernier est converti en format numérique, selon l'appellation. Pour ce faire, une table de la proportion moyenne des essences (%) de chacun des groupements d'essences est utilisée.

Le groupement d'essences

Le groupement d'essences est utilisé dans l'application des modèles statistiques pour extraire rapidement le type de couvert ainsi que les essences principales et secondaires de chacun des peuplements écoforestiers du territoire. Le premier code du groupement d'essences est considéré pour obtenir la prédiction des différentes variables dendrométriques. De plus, comme mentionné précédemment, ce groupement est utilisé pour répartir par essence les volumes prédits par la matrice dendrométrique lorsque la répartition détaillée des essences n'est pas disponible.

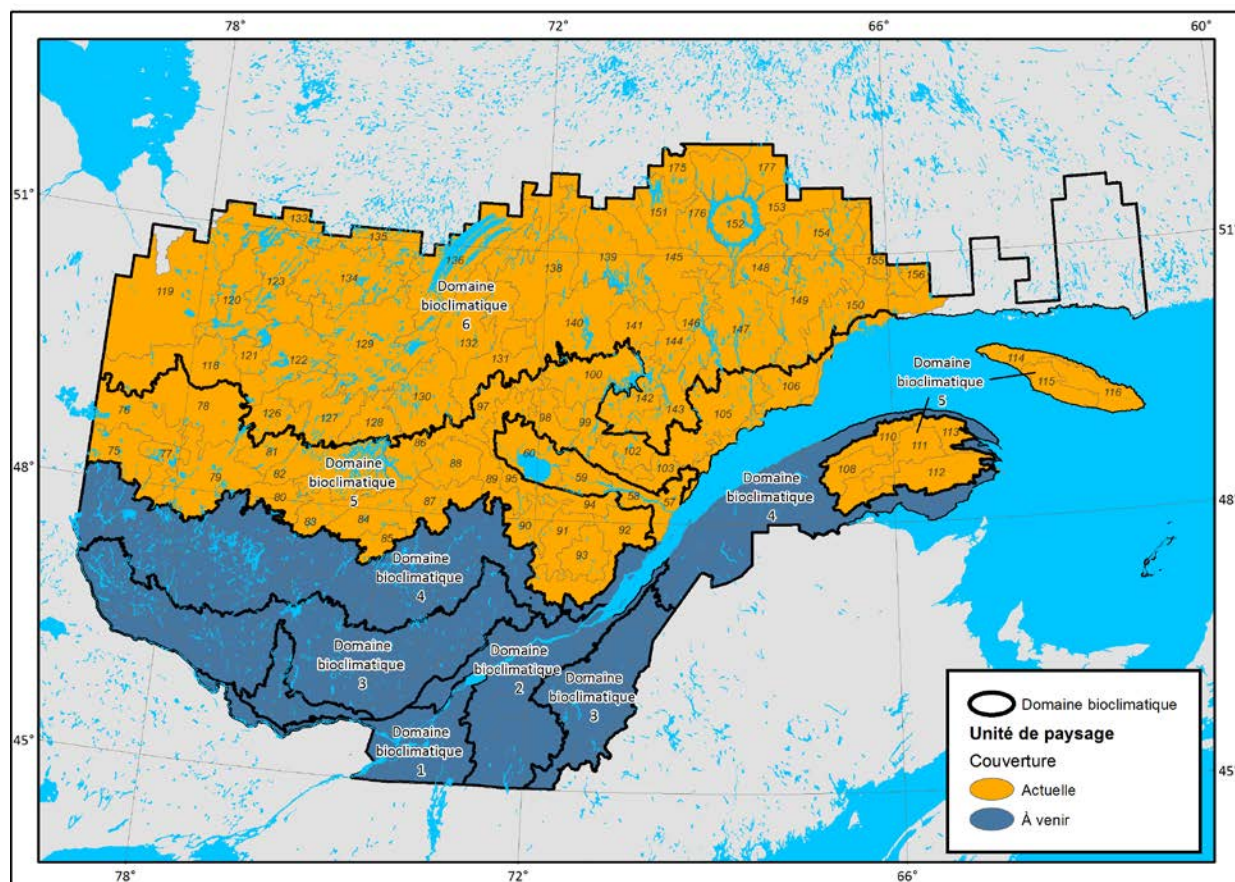
La classe d'âge

La classe d'âge permet de préciser simplement le stade d'évolution du peuplement, en distinguant dans les modèles les peuplements jeunes, soit ceux dont la classe d'âge commence par 10 ou 30 ans. Elle permet notamment de prédire des dimensions dendrométriques plus faibles dans les cellules considérées comme jeunes.

L'unité de paysage régional

Afin d'affiner les modèles à une échelle plus locale, l'unité de paysage régional a été utilisée. Celle-ci est une subdivision de la sous-région écologique (Robitaille et Saucier, 1998) qui permet une meilleure adaptation des modèles aux principaux facteurs écologiques permanents du milieu. Au besoin, des regroupements d'unités de paysage régional similaires ont été faits pour s'assurer d'avoir un échantillonnage suffisamment représentatif. Les matrices permettent actuellement d'obtenir des estimations dendrométriques dans 88 unités de paysage (figure 1) appartenant toutes aux domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc ou de la pessière à mousses, à l'exception de quatre unités (n° 57 à 60) du domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune. Ces dernières ont été ajoutées simplement afin de couvrir toute la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

Figure 1. Unités de paysage régional couvertes par le produit actuel et celui à venir



1.2 Modèles statistiques et matrices de prédiction des variables dendrométriques

1.2.1 Données sources

Afin de produire les modèles prédictifs des variables dendrométriques, les données suivantes ont été utilisées :

- Les placettes-échantillons temporaires des 3^e et 4^e inventaires;
- Les placettes-échantillons permanentes du réseau BAS1⁵;
- Les caractéristiques écologiques du territoire.

Au total, 51 517 placettes provenant des forêts publiques du Québec ont servi à calibrer les modèles statistiques des domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc (5), de la pessière à mousses (6) et d'une partie de la sapinière à bouleau jaune (4).

⁵ En ligne : <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Reseaux-PEP.pdf>.

Les caractéristiques dendrométriques ont été compilées pour chaque placette-échantillon en ne tenant compte que des arbres vivants de dimensions marchandes⁶ à l'intérieur de la placette de 11,28 m de rayon. Des relations hauteur-DHP⁷ ont été appliquées par groupe d'essences. Le volume marchand brut sans écorce a été évalué à partir du DHP et de la hauteur prédite pour chaque arbre à l'aide des équations de Fortin et coll. (2007) (tarif de cubage général à deux entrées par essence). La hauteur dominante a été compilée sur la base de la moyenne des arbres-études qui faisaient partie de l'étage des dominants-codominants (MFFP, 2016a).

Les données provenant des placettes associées au type de couvert, au groupement d'essences, à la classe d'âge et à la classe de densité ont été tirées de la station représentative observée (MFFP, 2016a). La localisation des placettes a permis d'en tirer l'information associée à l'unité de paysage régional et au sous-domaine bioclimatique.

Pour tenir compte du groupement d'essences de l'appellation de la strate, l'information de l'essence principale a été utilisée. De manière générale, les deux premiers caractères du groupement d'essences nous indiquent l'essence principale. Par contre, certaines particularités existent. Une table a donc été produite pour déduire l'information de n'importe quel type de peuplement (tableau 1). Cela a permis d'estimer l'effet du type de peuplement avec un nombre réduit de catégories à tester.

Tableau 1. Essence principale retenue selon le peuplement forestier et le type de couvert

Essence principale	Peuplement forestier	Type de couvert
BJ	Bétulaie jaune	F ou M
BP	Bétulaie blanche	F ou M
ER	Érablières	F ou M
FI	Feuillus intolérants et bétulaie grise	F ou M
FT	Feuillus tolérants (FT, OV, HG, OR, TA, CR, CH)	F ou M
PE	Peupleraie	F ou M
FX	Autres peuplements à dominance feuillue (FX, FA, FH, FO, FN, MF)	F ou M
EP	Pessière (blanche, noire, rouge)	R ou M
ML	Mélézin	R ou M
PG	Pinède grise	R ou M
PI	Autres pinèdes (blanche et rouge)	R ou M
RX	Résineux indéterminés et prucheraie	R ou M
SB	Sapinière	R ou M
TO	Cédrrière	R ou M

Le même principe a été appliqué pour obtenir l'essence secondaire. Cette dernière est un résineux dans le cas des types de couverts résineux et mixte à dominance feuillue. Dans le cas contraire, l'essence secondaire est un feuillu (BJ, BP, ER, FI, FT, PE ou FX). Par exemple, pour un type de couvert mixte à dominance de résineux avec le groupement d'essence SBENBP, l'essence principale est le sapin baumier (SB) et la secondaire, le bouleau à papier (BP). Pour un

⁶ Tiges marchandes : arbres d'un diamètre à hauteur de poitrine de plus de 9,0 cm.

⁷ DHP : diamètre à hauteur de poitrine, soit le diamètre d'un arbre mesuré à 1,3 m à partir du plus haut niveau du sol.

peuplement avec un type de couvert à dominance résineuse comme SBEN, l'essence secondaire est plutôt l'épinette noire (EN). L'essence secondaire sert principalement à réaliser des répartitions du volume en différents groupes d'essences.

1.2.2 Méthode

Les données des placettes ont servi à modéliser les variables utiles pour estimer les caractéristiques dendrométriques des territoires avec une acquisition LiDAR. Pour ce faire, les modèles devaient reposer sur deux types de variables. Premièrement, la hauteur des peuplements et la densité du couvert devaient être adéquatement estimées à la suite du traitement des données LiDAR. Deuxièmement, des variables disponibles grâce à la cartographie écoforestière et au système hiérarchique de classification écologique devaient être mises à contribution afin d'affiner les prévisions. Cette étape a permis de réaliser une matrice de prédiction pouvant être utilisée à la suite du traitement des données LiDAR et cartographiques. Les variables produites sont soit pour l'ensemble des essences ou pour les groupes d'attribution (SEPM : sapin, épinettes, pin gris et mélèzes; BOU : bouleau jaune et bouleau à papier; PEU : peupliers).

L'approche visait à calibrer 13 modèles linéaires mixtes permettant d'estimer différentes caractéristiques dendrométriques : le volume marchand brut toutes essences, la surface terrière marchande toutes essences, les proportions du volume des 3 groupes d'attribution composés de tiges avec une classe de DHP de 16 cm et plus, les volumes moyens par tige par groupe d'attribution, les proportions du volume des tiges ayant une classe de DHP de 24 cm et plus parmi les tiges ayant une classe de DHP d'au moins 16 cm (Pv16BOU_24 et Pv16PEU_24), le diamètre moyen quadratique des tiges avec une classe de DHP de 24 cm et plus (DMQ24_BOU et DMQ24_PEU) et le volume moyen par tige SEPM avec une classe de DHP de 16 cm et plus (DM3TI16_SEPM). Notons que les variables Pv16BOU_24, Pv16PEU_24, DMQ24_BOU, DMQ24_PEU et DM3TI16_SEPM ont été modélisées aux seules fins d'estimer la répartition du volume par produits (sciage, sciabla, pâte).

Les régressions linéaires mixtes ont été réalisées avec la procédure « MIXED » du progiciel SAS (SAS Institute Inc., 2014) tout en s'assurant que la forme des courbes se comporte adéquatement par rapport à la réalité. Les régressions ont été calibrées en tenant compte de l'effet aléatoire des unités de paysage régional de manière à affiner les prévisions à l'échelle de ces unités et afin de tenir compte de l'intensité d'échantillonnage qui varie d'un secteur à l'autre. La procédure utilisée prend en compte l'effet de variables explicatives, de certaines interactions et de l'autocorrélation des erreurs associées à l'unité de paysage (effets aléatoires). Au besoin, des regroupements d'unités de paysage régional similaires ont été faits pour s'assurer d'avoir un minimum de 80 placettes. Ces regroupements ont été nécessaires dans l'est de la Côte-Nord, dans certaines unités de l'extrême nord de la pessière à mousses et dans la région écologique 4^e.

1.2.3 Répartition par produits

La matrice permet de ventiler les volumes par produits pour les principaux groupes d'attribution des domaines de la sapinière à bouleau blanc et de la pessière à mousses (SEPM, BOU, PEU).

Pour le groupe SEPM, une estimation de la proportion du volume marchand répondant aux critères de qualité B du mesurage des bois abattus (billes de 2,5 m de longueur et avec un diamètre au fin bout d'au moins 14 cm [MFFP, 2016b]) a été réalisée. Pour ce faire, nous avons pris pour hypothèse qu'aucun volume ne répond au critère de qualité B parmi les tiges avec une classe de DHP de 10 à 14 cm. Quant au volume des tiges avec une classe de DHP de 16 cm et plus, une estimation de la proportion sciage a été possible à partir de la variable DM3TI16_SEPM (volume moyen par tige SEPM de classes de DHP 16 cm et plus). À partir d'une équation (% B en fonction du volume moyen par tige), il a été possible d'obtenir une estimation de la proportion du volume sciable. Le reste du volume peut être considéré pour la pâte (qualité C du mesurage des bois abattus). Pour les bouleaux et les peupliers, les prédictions des proportions de volume permettent dans un premier temps de subdiviser le volume marchand en grandes classes de DHP (10-14 cm, 16-22 cm et 24 cm et plus). Ensuite, le diamètre moyen quadratique des tiges de 24 cm et plus permet d'obtenir les bonnes valeurs de répartition par produits (sciage, sciable et pâte) pour cette classe de DHP qui est plus sensible à la dimension des tiges (voir section 1.3.3 pour plus de détails).

1.2.4 Validation des modèles à l'aide de chantiers de récolte

De manière à valider les modèles produits, une quarantaine de chantiers de coupe récoltés après l'acquisition LiDAR ont permis de comparer les volumes estimés avec les volumes récoltés et ceux laissés en forêt. Pour ce faire, les traitements de récolte appliqués et les limites de coupe doivent être très bien définis à partir de photographies aériennes prises après le traitement. Le volume marchand net provenant du mesurage masse-volume a été utilisé (MFFP, 2016b). De plus, les inventaires de la matière ligneuse non utilisée (IMLNU [MRN, 1999]) ou d'évaluation du volume touché par les opérations de récolte (EVAOR [MRNF, 2005]) ont permis de tenir compte du volume laissé sur le terrain. Dans le cas des traitements sylvicoles où une partie des tiges ont été protégées lors de la coupe, un pourcentage de rétention a dû être appliqué si l'inventaire après coupe ne portait pas sur les arbres vivants sur pied.

Les résultats de la validation avec les chantiers ont montré que les volumes marchands bruts estimés correspondent bien aux volumes marchands nets mesurés dans les chantiers. Par conséquent, même si les équations ont été calibrées avec des volumes bruts, les estimations semblent procurer une évaluation non biaisée du volume marchand net. Une validation des volumes de sciage de SEPM a aussi permis de voir que les estimations étaient non biaisées (quoique moins précises) par rapport au volume net de sciage (qualité B du mesurage) mesuré dans les chantiers. Il demeure que, si l'on appliquait des facteurs de réduction fiables du volume marchand brut estimé par les modèles, comme c'est habituellement le cas, on observerait en fait une sous-estimation du volume marchand net estimé. Cette situation pourrait conduire dans

l'avenir, en poursuivant l'amélioration des méthodes et à la lumière d'autres validations, à appliquer des facteurs de réduction tenant compte de la carie.

1.3 Variables dendrométriques

Jusqu'à quatre variables dendrométriques sont estimées pour les tiges marchandes⁸ représentées dans les pixels de la carte vectorielle avec une hauteur représentative du couvert forestier de 7 m et plus. Les pixels seront par la suite agglomérés dans les polygones de la carte dendrométrique qui eux pourraient avoir une hauteur de moins de 7 m (Section 2). Pour plus de détail sur les méthodes utilisées pour prédire efficacement ces variables, référez-vous à la section précédente « Matrice de prédictions des caractéristiques dendrométriques ».

1.3.1 Nombre de tiges à l'hectare

Le nombre de tiges à l'hectare correspond au nombre de tiges vivantes à l'hectare sur pied, renversées ou encrouées⁹, des essences commerciales estimées. Il est obtenu à partir du volume par hectare et du volume moyen par tige.

1.3.2 Surface terrière à l'hectare

La surface terrière correspond à la somme de la superficie de la section transversale des tiges à la hauteur du DHP et représente la superficie sur le plan horizontal occupé par les tiges vivantes à cette hauteur, si l'ensemble de celles-ci étaient parfaitement dressé. L'unité de mesure employée est le mètre carré à l'hectare (m²/ha). Un résultat est estimé pour les tiges vivantes sur pied, renversées ou encrouées, de toutes les essences commerciales marchandes des peuplements de 7 m et plus.

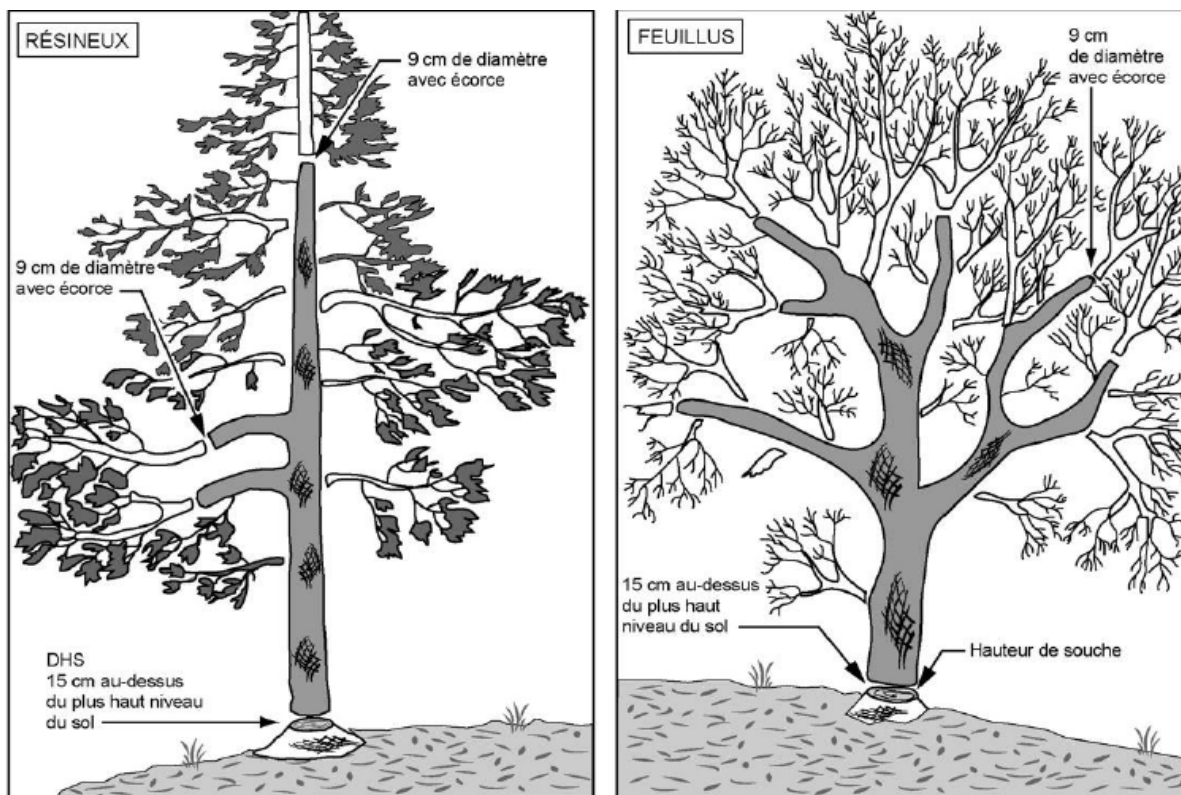
1.3.3 Volume marchand net

Le volume marchand net (VMN) équivaut au volume marchand brut duquel est soustrait le volume correspondant à la carie, aux défauts et aux parties inutilisables. Le volume marchand brut se définit comme le volume ligneux du tronc d'un arbre et de ses branches sous écorce compris entre le diamètre à hauteur de souche (soit à 15 cm au-dessus du plus haut niveau du sol) et un diamètre d'utilisation de 9,0 cm avec écorce. Les branches issues des dernières fourches et dont le diamètre admissible au fin bout est situé à moins d'un mètre de la fourche sont exclues du volume marchand brut (figure 2).

⁸ Tiges marchandes : arbres d'un diamètre à hauteur de poitrine de plus de 9,0 cm.

⁹ Arbre encroué : arbre qui, en tombant, s'emmêle dans les branches d'un autre.

Figure 2. Illustration des parties d'un arbre pour les essences résineuses et feuillues qui entrent dans le calcul du volume marchand brut. Extrait de Perron (2003)



Le volume marchand net est exprimé de deux façons, soit le VMN moyen par tige (dm^3/tige) et le VMN à l'hectare (m^3/ha). Le VMN moyen par tige n'est estimé que pour les groupes d'attribution tandis que le VMN à l'hectare est estimé par essence, par groupe d'attribution, par type d'essences (par exemple, résineux) et pour le total toutes essences.

De plus, dans chacun des groupes d'attribution, les deux VMN sont répartis selon différents critères utiles à l'industrie de transformation. Ainsi, il y a jusqu'à six répartitions du volume marchand net, soit le VMN :

- des classes de DHP de 10 à 14 cm inclusivement;
- des classes de DHP de 16 cm et plus;
- des classes de DHP de 24 cm et plus (feuillus seulement);
- de qualité sciable (feuillus seulement);
- de qualité sciage;
- de qualité pâte (feuillus seulement).

Pour les groupes d'attribution de bouleau et de peuplier, la répartition des volumes marchands nets selon les trois classes de qualité du bois (sciage, sciable et pâte) a été réalisée à partir du tableau suivant (tableau 2). Celui-ci est tiré d'une analyse de Filip Havreljuk (DRF) basée sur des tiges de bouleau à papier. Ce tableau a été utilisé afin d'établir la répartition pour chaque

situation observée dans la matrice. Actuellement, nous ne disposons pas d'une base de données suffisamment complète pour créer la matrice de chaque essence. On présume donc que la répartition est semblable pour les peupliers et les bouleaux.

Tableau 2. Répartition par produits des bouleaux et des peupliers par classes de DHP.

DHP (cm)	Sciage	Sciable	Pâte
10-14	0,0 %	0,0 %	68,0 %
16-22	0,0 %	17,1 %	51,0 %
24	0,0 %	30,5 %	38,8 %
26	0,0 %	39,2 %	30,0 %
28	0,0 %	43,0 %	27,8 %
30	0,0 %	43,8 %	24,5 %
32	5,8 %	39,1 %	22,6 %
34+	17,5 %	21,1 %	26,7 %

Aux fins de cette étude, les billes feuillues de qualité sciage incluent la catégorie de déroulage ainsi que les classes F1 et F2 du système de Petro et Calvert (1976). Une bille de qualité sciable mesure au moins 2,5 m de longueur et au moins 16 cm de diamètre au fin bout (F3 et F4). Les billes de qualité pâte sont celles de qualité moindre d'au moins 2,5 m de long avec un diamètre au fin bout d'au moins 10 cm. Toutes les autres portions sont considérées comme non utilisables (comme la carie, les rebuts et les houppiers).

Pour le groupe d'attribution SEPM, l'estimation du volume de qualité sciage provient de la proportion du volume marchand répondant aux critères de qualité B du mesurage des bois abattus (billes de 2,5 m de longueur et avec un diamètre au fin bout d'au moins 14 cm). Pour plus de détail sur l'obtention de ces résultats, veuillez-vous référer à la section précédente « Matrice de prédictions des caractéristiques dendrométriques ».

2 CARTOGRAPHIE ET ATTRIBUTS

2.1 Confection de la carte dendrométrique LiDAR

L'unité de base qui permet la création de la carte dendrométrique est le pixel de 10 m x 10 m. Cette unité est pour l'instant moins connue des utilisateurs quant à la façon de l'exploiter efficacement. C'est ainsi qu'une agrégation de ces unités sur la base des valeurs de densité et de hauteur de chaque pixel a été produite afin d'obtenir une carte en format vectoriel, soit une couche avec des polygones et une table d'attributs.

Ainsi, on trouve l'ensemble des attributs qui suivent dans la carte dendrométrique LiDAR, et ils proviennent de cette agrégation des pixels de 100 m² :

- La densité du couvert forestier provenant du LiDAR (%);
- La hauteur représentative du couvert forestier provenant du LiDAR (m);
- La proportion du volume marchand net par essence (%);
- Le volume marchand net à l'hectare par essence (m³/ha);
- Le nombre de tiges à l'hectare pour les groupes d'attribution (tiges/ha);
- La surface terrière à l'hectare des essences commerciales (m²/ha).

L'agrégation des pixels se fait sur la base de la similitude entre la densité et la hauteur du couvert forestier. C'est donc sur cette base que les polygones de la carte dendrométrique LiDAR sont délimités. La création de ces polygones n'est donc pas régie par les polygones des autres produits disponibles, notamment de la carte écoforestière.

Cet état de fait occasionne malencontreusement quelques aberrations à la limite des lacs et des territoires improductifs. À cause de l'imprécision faible, mais bien réelle du LiDAR et de son inaptitude à bien réagir à la surface de l'eau (LiDAR *mono signal*), la délimitation automatisée et précise du contour de ces zones peut être problématique à certains endroits.

Cette situation est observable à l'occasion lorsque l'on note une faible hauteur ou une faible densité dans des polygones qui, à première vue, ne devraient pas en contenir. Ceci n'a par contre aucune incidence sur la qualité du produit, car ces zones sont rares et ne génèrent aucun volume. Il arrive aussi que cette observation soit causée par quelques arbres isolés ou simplement par l'effet de bordure des peuplements adjacents.

Afin de rendre le produit plus léger à manipuler et à consulter, les couches matricielles de la densité et de la hauteur à la base de l'agrégation des pixels subissent quelques généralisations. Concernant la densité, une moyenne γ est appliquée sur un rayon de 30 m et celle-ci est ensuite regroupée en classe de 10 % selon le tableau suivant :

Tableau 3. Classe de densité.

Code	Description
0	De 0 à 20 % de couvert
25	De 20 à 30 % de couvert
35	De 30 à 39 % de couvert
45	De 40 à 49% de couvert
55	De 50 à 59 % de couvert
65	De 60 à 69 % de couvert
75	De 70 à 79 % de couvert
85	De 80 à 89 % de couvert
95	De 90 à 100 % de couvert

Pour la hauteur, une extraction des maximums locaux sur un rayon de 6 m et une moyenne de ces derniers sur une distance de 15 m est appliquée. Ensuite, un regroupement est fait majoritairement en classes de 2 m. Finalement, un traitement est appliqué au produit en sortie pour respecter les aires minimales précisées dans la section suivante.

Tableau 4. Classe de hauteur.

Code	Description
0	De 0 à 5 m de hauteur
6	De 5,01 à 7 m de hauteur
8	De 7,01 à 9 m de hauteur
10	De 9,01 à 11 m de hauteur
12	De 11,01 à 13 m de hauteur
14	De 13,01 à 15 m de hauteur
16	De 15,01 à 17 m de hauteur
18	De 17,01 à 19 m de hauteur
20	De 19,01 à 21 m de hauteur
22	De 21,01 à 23 m de hauteur
24	De 23,01 à 25 m de hauteur
26	De 25,01 à 27 m de hauteur
28	De 27,01 à 29 m de hauteur
30	De 29,01 à 31 m de hauteur

Pour éviter toutes ambiguïtés sur la présence réelle ou non d'un volume dans une strate en régénération, les valeurs de surface terrière, densité et volume marchand ont été ramenées à zéro dans la classe de hauteur 0 (0 à 5 mètres de hauteur).

2.2 Aires minimales de cartographie

Afin d'éviter les polygones trop petits ou la perte de limites importantes, la superficie minimale de tous les peuplements de la carte est de 1 200 m² (0,12 ha).

2.3 Territoire cartographié

Pour réaliser ce produit, il est primordial qu'un relevé LiDAR de qualité soit préalablement acquis. Également, il est essentiel que les matrices de prédiction des caractéristiques dendrométriques de l'unité de paysage régional existent. Dans un cas comme dans l'autre, des projets sont en cours pour étendre la couverture de ces produits à l'ensemble du Québec.

En ce qui concerne la couverture LiDAR, le gouvernement s'est engagé, lors du dépôt du budget de 2016, à acquérir la donnée sur l'ensemble du territoire d'ici à 2021. Pour ce qui est des matrices, elles devraient être produites d'ici à la fin de l'année 2017. Un travail sera également réalisé afin de mieux définir les limites d'application. Jusqu'à maintenant, les analyses récentes suggèrent que de très bons résultats sont obtenus dans les forêts résineuses des domaines bioclimatiques de la sapinière à bouleau blanc, et particulièrement dans celles de la pessière à mousses.

2.4 Attributs de la carte dendrométrique LiDAR

La table attributaire de la carte dendrométrique LiDAR regroupe plusieurs données de nature semblable et diverse. Nous regroupons celles-ci en différentes sections que nous présentons ici. La description détaillée de la table et des attributs est présentée à l'annexe 1.

2.4.1 Caractéristiques forestières du polygone

Comme mentionné précédemment, la création des polygones de ce produit repose sur la densité et la hauteur des valeurs obtenues à l'aide du LiDAR aérien. Vous trouverez donc la valeur moyenne de celles-ci dans chacun des polygones de la carte.

Afin de pouvoir consulter la composition en essences de ces polygones, vous trouverez dans la table attributaire la répartition en pourcentage du volume par essence, par groupe d'attribution (par exemple, SEPM) et par type d'essences (par exemple, résineux).

De plus, vous trouverez également un champ qui contient le type de couvert dérivé des pourcentages du volume et un dernier qui concatène en ordre d'importance chacune des essences accompagnées du pourcentage qui lui est associé. Ainsi, un polygone dont le volume

est composé à 70 % d'épinette noire et à 30 % de bouleau à papier se nommera dans ce champ EN70BP30.

2.4.2 Caractéristiques dendrométriques

Les variables énoncées et décrites dans la section « 1.3.3 Volume marchand net » sont dans la table attributaire du produit. En fonction du degré d'agrégation des essences (essences individuelles, groupement d'essences, type d'essences ou total), les résultats dendrométriques suivants peuvent figurer :

- VMN à l'hectare (ha) des classes de DHP de 10 à 14 cm inclusivement;
- VMN à l'hectare des classes de DHP de 16 cm et plus;
- VMN à l'hectare des classes de DHP de 24 cm et plus;
- VMN de qualité sciable à l'hectare;
- VMN de qualité sciage à l'hectare;
- VMN de qualité pâte à l'hectare;
- Nombre de tiges par hectare;
- VMN moyen par tige.

Notez que les variables dendrométriques estimées pour une essence donnée peuvent être incluses dans les variables dendrométriques d'une autre essence ou d'un groupe d'essence. Ces inclusions ont comme objectif de rassembler le volume des essences qui n'ont qu'une faible importance ou qui n'ont qu'une présence marginale. Les inclusions des variables dendrométriques des essences selon l'essence ou le groupe d'essence sont présentées à l'annexe 2.

2.4.3 Métadonnées et informations relatives au polygone

Finalement, vous trouverez dans la table attributaire quelques champs qui permettent de documenter ce qui encadre la production de la carte. Ainsi, vous y trouverez :

- le numéro du feuillet cartographique (20 k);
- la date de production de la carte;
- l'indicateur de présence des valeurs dendrométriques estimées par la modélisation;
- la version de la modélisation;
- le type de LiDAR utilisé;
- la densité moyenne de points du projet d'acquisition LiDAR;
- l'année d'acquisition du relevé LiDAR;
- l'année de la prise de vue des photographies aériennes qui ont servi à la photo-interprétation des essences du territoire;
- le type de stratification de la carte écoforestière originale;
- le géocode qui est un identifiant unique de chacun des polygones de la carte (centroïde);
- la superficie du polygone calculée avec la projection conique équivalente d'Albers.

2.4.4 La projection

Le système de référence de la carte dendrométrique LiDAR est le NAD83 Québec Lambert avec une projection conique conforme de Lambert (EPSG 32198).

3 MISE EN GARDE SUR L'UTILISATION

Les matrices de prédiction ont été calibrées avec des placettes qui ne sont pas synchrones avec des relevés LiDAR. Des approches plus coûteuses nécessitant l'établissement de placettes en même temps que le survol LiDAR, tel que l'ont réalisé Treitz et coll. (2012), devraient être envisagées lorsque les besoins de précision sont très élevés. L'approche proposée dans le projet a toutefois l'avantage de permettre des estimations qui apparaissent non biaisées et qui sont applicables sur un large territoire sans nécessiter l'implantation de placettes supplémentaires (donc peu coûteuse).

L'utilisation des modèles en dehors des zones bien échantillonnées devrait être réalisée avec beaucoup de prudence. En fonction de la localisation du secteur à évaluer et du type de couvert dominant, la précision des estimations pourrait être faible. Pour la même raison, il n'est pas recommandé d'utiliser les équations produites en dehors de la zone d'étude. Les placettes ayant servi à calibrer les modèles étaient toutes situées dans des forêts publiques. L'utilisation de ce produit dans les forêts privées n'est donc pas recommandée si les caractéristiques des peuplements sont différentes de celles propres aux forêts publiques de la même région.

Les valeurs de la densité et de la hauteur acquise par LiDAR seront influencées par l'état des peuplements survolés. Par exemple, les volumes pourraient être sous-estimés dans le cas où les arbres dominants auraient été touchés par un verglas (têtes cassées) ou par un chablis partiel (arbres penchés ou encore récupérables au sol). Dans une unité de paysage régional, la structure diamétrale variée pourrait aussi nuire à la précision. Les régions où l'on trouve une diversité de structures pourraient être les plus touchées.

Des validations avec des chantiers de récolte ont pu être faites pour les volumes marchands nets et sciage du groupe SEPM. Les autres variables estimées n'ont pas été validées pour l'instant, faute d'information.

La répartition du volume par essence est tributaire de la qualité de l'information cartographique permettant d'obtenir les pourcentages par essence. En théorie, la cartographie par essence détaillée permet une meilleure précision de cette répartition. Une bonification à partir d'une photographie fine est recommandée dans le cas où la cartographie actuelle n'aurait pas une stratification écoforestière détaillée des essences par dizaine de points de pourcentage (par exemple, 4^e programme initial).

RÉFÉRENCES

- CÔTÉ, M. (2003). *Dictionnaire de la foresterie — Dictionary of Forestry — Diccionario de forestería*, Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Québec, 744 p.
- LEMONDE, M.-O. et A. LEBOEUF (2014). *Modèle de correction des hauteurs d'arbres LiDAR — Analyse de l'UA 02451*, document interne de la Direction des inventaires forestiers.
- FORTIN, M., J. DEBLOIS, S. BERNIER et G. BLAIS (2007). « Mise au point d'un tarif de cubage général pour les forêts québécoises : une approche pour mieux évaluer l'incertitude associée aux prévisions », *For. Chron.*, 83(5): 754-765, doi: 10.5558/tfc83754-5.
- MFFP (2015). *Norme de stratification écoforestière — Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*, Direction des inventaires forestiers, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 111 p. [<http://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification.pdf>].
- MFFP (2016a). *Normes d'inventaire forestier. Placettes-échantillons temporaires*, Édition 2016, Direction des inventaires forestiers, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec [<https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Norme-PET.pdf>].
- MFFP (2016b). *Manuel de mesurage des bois récoltés sur les terres du domaine de l'État. Volet méthodes et instructions techniques. Exercice 2016-2017*, Bureau de mise en marché des bois, Direction des évaluations économiques et de la facturation des bois, Québec [https://bmmb.gouv.qc.ca/media/37942/manuel_mesurage_methodes_instruct_20160719.pdf].
- MRN (1999). *Inventaire de la matière ligneuse utilisable mais non récoltée dans les aires de coupe. Instructions*, Direction de l'assistance technique, ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec [www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/matli.pdf].
- MRNF (2005). *Évaluation des volumes de bois affectés par les opérations de récolte : Instructions*, Direction de l'assistance technique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 39 p. [ftp://ftp.mrn.gouv.qc.ca/Public/Bibliointer/Perio/0747799/2005_06.pdf].
- 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. [<http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/tarif-de-cubage-64.pdf>].
- PETRO, F. J. et W. W. CALVERT (1976). *La classification des billes de bois franc destinées au sciage*, ministère des Pêches et de l'Environnement du Canada, Service canadien des forêts, Rapport technique de foresterie n° 6F, 69 p.
- ROBITAILLE, A et J.-P. SAUCIER (1998). *Paysages régionaux du Québec méridional*, Les Publications du Québec, Québec.
- SAS Institute Inc. (2014). *SAS/STAT® 13.2 User's Guide – The MIXED procedure*, Cary, NC [En ligne] [http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/67523/HTML/default/viewer.htm#statug_mixed_overview.htm].
- TREITZ, P., K. LIM, M. WOODS, D. PITT, D. NESBITT et D. ETHERIDGE (2012). "LiDAR Sampling Density for Forest Resource Inventories in Ontario, Canada", *Remote Sens.*, 4(4): 830-848, doi: 10.3390/rs4040830.

ANNEXE I : DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE LA TABLE ET DES ATTRIBUTS DE LA CARTE DENDROMÉTRIQUE LIDAR

Nom de l'attribut	Description	Format		Exemple
		Type	Longueur; Précision	
GEOC_DENLI	Coordonnées métriques en X et Y d'un point situé à l'intérieur du polygone	Texte	21	-235641,96+588425,46
TYCOUV_VMN'	Type de couvert dominant dans le polygone selon les proportions du volume marchand net	Texte	2	R
ESS_PC_VMN	Concaténation des essences et des groupements d'essences dominants et de leur proportion en volume marchand net (%)	Texte	60	EN77SB21EB01BP01
DENSITE	Classe de densité du couvert forestier estimée par le LiDAR (%)	Entier court	2	55
HAUTEUR	Classe de hauteur représentative du couvert forestier estimée par le LiDAR (m)	Entier court	2	18
PC_EPN	Proportion du volume marchand net en épinette noire (%)	Entier court	3	78
PC_EPB	Proportion du volume marchand net en épinette blanche (%)	Entier court	3	1
PC_SAB	Proportion du volume marchand net en sapin baumier (%)	Entier court	3	21
PC_PIG	Proportion du volume marchand net en pin gris (%)	Entier court	3	0
PC_MEL	Proportion du volume marchand net en mélèze laricin (%)	Entier court	3	0
PC_SEPM	Proportion du volume marchand net en SEPM (%)	Entier court	3	99
PC_PIB	Proportion du volume marchand net en pin blanc (%)	Entier court	3	0
PC_PIX	Proportion du volume marchand net en autres pins (%)	Entier court	3	0
PC_AUTRES	Proportion du volume marchand net pour les autres résineux (%)	Entier court	3	0
PC_RES	Proportion du volume marchand net pour les résineux (%)	Entier court	3	99
PC_BOP	Proportion du volume marchand net en bouleau à papier (%)	Entier court	3	1
PC_BOJ	Proportion du volume marchand net en bouleau jaune (%)	Entier court	3	0
PC_BOU	Proportion du volume marchand net en bouleaux (%)	Entier court	3	1
PC_PEU	Proportion du volume marchand net en peupliers (%)	Entier court	3	0
PC_ERR	Proportion du volume marchand net en érable rouge (%)	Entier court	3	0
PC_ERS	Proportion du volume marchand net en érable à sucre (%)	Entier court	3	0
PC_AUTFEU	Proportion du volume marchand net pour les autres feuillus (%)	Entier court	3	0
PC_FEU	Proportion du volume marchand net pour les feuillus (%)	Entier court	3	1
PC_FEU_NC	Proportion du volume marchand net pour les feuillus non commerciaux (%)	Entier court	3	0
PC_ESS_C	Proportion du volume marchand net pour les essences commerciales (SEPM, BOP, PEU) (%)	Entier court	3	100
VMN_EPN	Volume marchand net à l'hectare en épinette noire (m ³ /ha)	Réel double	10;2	124.11
VMN_EPB	Volume marchand net à l'hectare en épinette blanche (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0.99

Nom de l'attribut	Description	Format		Exemple
		Type	Longueur; Précision	
VMN_SAB	Volume marchand net à l'hectare en sapin baumier (m ³ /ha)	Réel double	10;2	33.51
VMN_PIG	Volume marchand net à l'hectare en pin gris (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_MEL	Volume marchand net à l'hectare en mélèze laricin (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
NBTIG_SEPM	Nombre de tiges à l'hectare en SEPM (tiges/ha)	Réel double	10;2	963.53
DM3TIGSEPM	Volume marchand net moyen par tige de SEPM (dm ³ /tige)	Réel double	10;2	164.61
VSEPM_14M	Volume marchand net à l'hectare en SEPM avec une classe de DHP de 14 cm et moins (m ³ /ha)	Réel double	10;2	22.39
VSEPM_16P	Volume marchand net à l'hectare en SEPM avec une classe de DHP de 16 cm et plus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	136.22
VSEPMSCIAG	Volume marchand net à l'hectare en SEPM de qualité sciage (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	114.41
VMN_SEPM	Volume marchand net à l'hectare en SEPM (m ³ /ha)	Réel double	10;2	158.61
VMN_PIB	Volume marchand net à l'hectare en pin blanc (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_PIX	Volume marchand net à l'hectare en autres pins (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_AUTRES	Volume marchand net à l'hectare des autres résineux (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_RES	Volume marchand net à l'hectare des résineux (m ³ /ha)	Réel double	10;2	158.61
VMN_BOP	Volume marchand net à l'hectare en bouleau à papier (m ³ /ha)	Réel double	10;2	1.49
VMN_BOJ	Volume marchand net à l'hectare en bouleau jaune (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
NBTIG_BOU	Nombre de tiges à l'hectare en bouleaux (tiges/ha)	Réel double	10;2	8.66
DM3TIG_BOU	Volume marchand net moyen par tige des bouleaux (dm ³ /tige)	Réel double	10;2	171.97
VMN_BOU14M	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux avec une classe de DHP de 14 cm et moins (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0.35
VMN_BOU16P	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux avec une classe de DHP de 16 cm et plus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	1.13
VMN_BOU24P	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux avec une classe de DHP de 24 cm et plus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0.56
VBOU_SCIAB	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux de qualité sciable (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	0.34
VBOU_SCIAG	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux de qualité sciage (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	0
VBOU_PATE	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux de qualité pâte (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	0.67
VMN_BOU	Volume marchand net à l'hectare en bouleaux (m ³ /ha)	Réel double	10;2	1.49
NBTIG_PEU	Nombre de tiges à l'hectare en peupliers (tiges/ha)	Réel double	10;2	0
DM3TIG_PEU	Volume marchand net moyen par tige des peupliers (dm ³ /tige)	Réel double	10;2	<Nul>
VMN_PEU14M	Volume marchand net à l'hectare en peupliers avec une classe de DHP de 14 cm et moins (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0

Nom de l'attribut	Description	Format		Exemple
		Type	Longueur; Précision	
VMN_PEU16P	Volume marchand net à l'hectare en peupliers avec une classe de DHP de 16 cm et plus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_PEU24P	Volume marchand net à l'hectare en peupliers avec une classe de DHP de 24 cm et plus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VPEU_SCIAB	Volume marchand net à l'hectare en peupliers de qualité sciab (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	0
VPEU_SCIAG	Volume marchand net à l'hectare en peupliers de qualité sciage (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	0
VPEU_PATE	Volume marchand net à l'hectare en peupliers de qualité pâte (m ³ /ha). Voir la section 1.3.3.	Réel double	10;2	0
VMN_PEU	Volume marchand net à l'hectare en peupliers (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_ERR	Volume marchand net à l'hectare en érable rouge (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_ERS	Volume marchand net à l'hectare en érable à sucre (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_AUTFEU	Volume marchand net à l'hectare des autres feuillus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_FEU	Volume marchand net à l'hectare des feuillus (m ³ /ha)	Réel double	10;2	1.49
VMN_FEU_NC	Volume marchand net à l'hectare des feuillus non commerciaux (m ³ /ha)	Réel double	10;2	0
VMN_ESS_C	Volume marchand net à l'hectare des essences commerciales (SEPM, BOP, PEU) (m ³ /ha)	Réel double	10;2	160.1
VMN_TOTAL	Volume marchand net à l'hectare (m ³ /ha)	Réel double	10;2	160.1
ST_TOTAL	Surface terrière à l'hectare (m ² /ha)	Réel double	5;2	26.35
SUPERFICIE	Superficie calculée en Albers (ha)	Réel double	10;2	0.33
FCA_20K	Numéro du feuillet cartographique (20k)	Texte	7	22E04NO
DATE_PROD	Date de production de la carte	Date	-	2017-04-18
IN_MODEL	Indicateur de présence des valeurs dendrométriques estimées par la modélisation	Texte	1	0
VER_MODEL	Version de la modélisation	Texte	20	DIF 4.4
AN_LIDAR	Année d'acquisition de l'information LiDAR	Texte	6	2013
CAPT_LIDAR	Capteur LiDAR employé pour l'acquisition	Texte	25	Optech ALTM Gemini 167
DENS_LIDAR	Densité moyenne de points du projet d'acquisition LiDAR (points/m ²)	Texte	4	2
AN_PHOTO	Année d'acquisition des photographies aériennes	Texte	4	2012
STRATI_ECO ²	Stratification de la carte écoforestière originale	Texte	10	DETAIL

¹ Codes et descriptions de la variable TYCOUV_VMN

Code	Description
F	Feuillu
MF	Mixte à dominance de feuillus
MM	Mixte à même répartition
MR	Mixte à dominance de résineux
R	Résineux

² Codes et descriptions de la variable STRATI_ECO

Code	Description
GR_ESS	Groupement d'essences
DETAIL	Essence détaillée selon des classes de 10 %

ANNEXE 2 : Inclusion des variables dendrométriques selon l'essence

Code de l'essence	Essence	Volume marchand net intégré dans l'essence ou le groupe	Volume marchand net moyen par tige intégré dans le groupe
BOG	Bouleau gris	Bouleau à papier	Bouleau jaune et bouleau à papier
BOJ	Bouleau jaune	Bouleau jaune	Bouleau jaune et bouleau à papier
BOP	Bouleau à papier	Bouleau à papier	Bouleau jaune et bouleau à papier
CHR	Chêne rouge	Autres feuillus	Non disponible
EPB	Épinette blanche	Épinette blanche	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
EPN	Épinette noire	Épinette noire	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
EPO	Épinette de Norvège	Épinette noire	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
EPR	Épinette rouge	Épinette noire	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
ERR	Érable rouge	Érable rouge	Non disponible
ERS	Érable à sucre	Érable à sucre	Non disponible
FRN	Frêne noir	Autres feuillus	Non disponible
FRP	Frêne de Pennsylvanie	Autres feuillus	Non disponible
HEG	Hêtre à grandes feuilles	Autres feuillus	Non disponible
MEL	Mélèze laricin	Mélèze laricin	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
ORA	Orme d'Amérique	Autres feuillus	Non disponible
PEB	Peuplier baumier	Peupliers	Peupliers
PED	Peuplier à feuilles deltoïdes	Peupliers	Peupliers
PEG	Peuplier à grandes dents	Peupliers	Peupliers
PET	Peuplier faux-tremble	Peupliers	Peupliers
PIB	Pin blanc	Pin blanc	Non disponible
PIG	Pin gris	Pin gris	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
PIR	Pin rouge	Autres pins	Non disponible
PIS	Pin sylvestre	Autres pins	Non disponible
SAB	Sapin baumier	Sapin baumier	Sapin, épinettes, pin gris et mélèzes
THO	Thuya occidental	Autres résineux	Non disponible

*Forêts, Faune
et Parcs*

Québec

