

Titre :	Échantillonnage d'arbres visant à bonifier les modèles et les matrices de répartition par produits des espèces feuillues – Méthode et rapport de réalisation.
Responsables :	Filip Havreljuk, ing.f., <i>Ph. D.</i> , François Labbé, ing.f., M. Sc. (BMMB), Greg St-Hilaire, ing.f., M. Sc. (DGFO-01), Rachid Yousfi, ing.f. (DGFO-07)
Collaborateurs :	Steve Bédard, ing.f., M. Sc., François Guillemette, ing.f., M. Sc., Jean-Martin Lussier, ing.f., <i>Ph. D.</i> (CCFB), Marc Lavergne, tech.f. (DGFO-07)
Financement du projet :	Bureau de mise en marché des bois (BMMB), Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB), Chantier sur la forêt feuillue, Direction de la gestion des forêts de l'Outaouais (DGFO-07)
Révision linguistique :	Denise Tousignant, M. Sc.
Date :	Décembre 2015

Table des matières

1. Introduction	3
1.1. Limites des matrices de RPP	3
1.2. Sources d'informations des matrices de RPP	4
1.3. Projets de l'Outaouais et du Bas-St-Laurent	4
1.4. Objectifs	5
2. Analyse des étapes de réalisation	6
2.1. Schéma général des étapes de réalisation du projet	6
2.2. Détail de la réalisation	7
2.2.1. Sélection de l'usine de transformation	7
2.2.2. Choix des essences et du nombre de tiges à échantillonner	7
2.2.3. Sélection des sites	7
2.2.4. Sélection des arbres échantillons	8
2.2.5. Mesurage et identification des arbres échantillons	9
2.2.6. Abattage et écimage des arbres échantillons	10
2.2.7. Transport à l'usine des arbres échantillons	11
2.2.8. Tronçonnage des arbres échantillons	11
2.2.9. Sciage des arbres échantillons	12
2.3. Compilation et validation des données	14
2.4. Synthèse de la production	15
3. Études de cas	15
3.1. Outaouais	15
3.1.1. Sélection de l'usine de transformation	15
3.1.2. Choix des essences et du nombre d'arbres échantillons	16
3.1.3. Sélection des sites	16
3.1.4. Sélection des arbres échantillons	16
3.1.5. Mesurage et identification des arbres échantillons	17
3.1.6. Abattage et écimage des arbres échantillons	17
3.1.7. Transport à l'usine	18

On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence

© Gouvernement du Québec

2700, rue Einstein, bureau B.1.150

Québec (Québec) G1P 3W8

Tél : 418 643-7994 poste 6662

Télécopieur : 418 643-2165

Courriel : Filip.Havreljuk@mffp.gouv.qc.ca

<http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche/index.jsp>

3.1.8.	Tronçonnage	18
3.1.9.	Sciage	18
3.2.	Bas-Saint-Laurent.....	18
3.2.1.	Sélection de l'usine de transformation	18
3.2.2.	Choix des essences et du nombre d'arbres échantillons	19
3.2.3.	Sélection des sites	19
3.2.4.	Sélection des arbres échantillons	19
3.2.5.	Mesurage et identification des arbres échantillons	20
3.2.6.	Abattage et écimage des arbres échantillons	20
3.2.7.	Transport à l'usine.....	21
3.2.8.	Tronçonnage.....	21
3.2.9.	Sciage	21
4.	Discussion et recommandations	22
5.	Conclusion	23
6.	Remerciements.....	24
7.	Bibliographie	25
	Annexes	27

Liste des tableaux

Tableau 1.	Ressources nécessaires à la réalisation des principales étapes du projet, dans les deux régions à l'étude.	15
Tableau 2.	Répartition souhaitée des arbres échantillons par classe de DHP et par regroupement de classes MSCR pour un chantier de récolte.	19

Liste des annexes

Annexe 1.	Formulaire de prospection des arbres échantillons (Outaouais)	28
Annexe 2.	Formulaire de dénombrement des arbres échantillons (Outaouais)	29
Annexe 3.	Formulaire de prospection et de dénombrement des arbres échantillons (Bas-Saint-Laurent).....	30
Annexe 4.	Directive opérationnelle pour l'abattage et l'écimage des arbres échantillons au chantier Au Loup (Outaouais)	31
Annexe 5.	Directive opérationnelle pour l'abattage et l'écimage des arbres échantillons au chantier Vases (Outaouais)	32
Annexe 6.	Formulaire de suivi des arbres échantillons – bord de chemin (Outaouais).....	33
Annexe 7.	Schéma de l'usine de Forespect avec les emplacements des équipes de suivi des billes et planches (Outaouais).....	34
Annexe 8.	Schéma de l'usine de Bégin & Bégin avec les emplacements des équipes de suivis des billes et des planches (Bas-Saint-Laurent).....	35

Référence suggérée

Havreljuk, F., F. Labbé, G. St-Hilaire et R. Yousfi, 2015. *Échantillonnage d'arbres visant à bonifier les modèles et les matrices de répartition par produits des espèces feuillues – Méthode et rapport de réalisation*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Avis technique SSRF-8. 35 p.

1. Introduction

Les matrices de répartition par produits (RPP) sont des éléments clés de la gestion forestière et de l'analyse économique et financière de l'aménagement forestier et des investissements sylvicoles. Elles permettent de convertir les volumes de bois sur pied en produits (différentes classes de sciage et pâte) selon différents types de classification. Elles servent notamment à :

- Octroyer des droits forestiers (garantie d'approvisionnement) :
 - Répartir en produits (selon l'essence et la qualité) les volumes de possibilité forestière afin de définir les volumes attribuables aux industriels.
- Soutenir la planification forestière :
 - Caractériser, en produits, les récoltes anticipées des secteurs d'intervention afin d'assurer la disponibilité des volumes permettant d'honorer les garanties d'approvisionnement.
- Réaliser des analyses de rentabilité financière et économique :
 - Analyser la rentabilité financière des entreprises pour les opérations de récolte.
 - Analyser la rentabilité économique des scénarios d'investissements sylvicoles.

Le programme d'investissement des forêts traitées par coupes partielles prévoit intégrer la notion de rentabilité financière et économique dans la détermination de l'aide financière. Pour ce faire, les matrices de RPP doivent donc refléter la qualité des billes réellement récoltées dans la forêt pour chaque essence.

1.1. Limites des matrices de RPP

Plusieurs utilisateurs considèrent que les matrices de RPP utilisées présentement au Québec sont très imprécises. Ils rapportent régulièrement des écarts notables entre la qualité des volumes estimés (ex. dans les catégories sciage et pâte) à partir du calcul de possibilité forestière et ceux réellement récoltés. Dans certains cas, il est même question de biais, puisque la proportion estimée de sciage est systématiquement surestimée. Les principales hypothèses expliquant l'origine de cette imprécision sont les suivantes :

- L'absence ou un manque d'information au sujet de plusieurs essences :
 - Par le passé, les études de tiges se sont concentrées sur les principales essences transformées, soit l'érable à sucre (ERS) et le bouleau jaune (BOJ). Pour les essences pour lesquelles aucune information n'est disponible (ex. : hêtre à grandes feuilles [HEG], érable rouge [ERR], chêne rouge [CHR], bouleau à papier [BOP], thuya occidental [THO], etc.), les données des matrices de RPP sont actuellement extrapolées.

- Certains regroupements d'essences faits par nécessité dans les matrices de RPP sont plus ou moins pertinents (ex. : HEG=ERS ou CHR=BOJ ou ERR=ERS).
- La représentativité provinciale :
 - Les matrices de RPP actuelles reposent sur des études de tiges concentrées dans quelques régions de la province (principalement dans l'ouest du Québec, là où se retrouve la majorité des volumes d'essences feuillues); certains secteurs sont peu ou pas représentés.
- La variabilité opérationnelle :
 - Certaines méthodes de récolte influencent les proportions de sciage et de pâte des bois récoltés, qui peuvent alors différer des données sur lesquelles reposent les matrices de RPP.
 - Certains écarts existent entre le tronçonnage effectué lors des études d'arbres et celui effectué dans un contexte opérationnel.
- Un manque d'uniformité dans l'utilisation des matrices de RPP (volume attribuable, planification, etc.), causant des incohérences.

1.2. Sources d'informations des matrices de RPP

La construction d'une matrice de RPP est un exercice laborieux et coûteux, qui nécessite la réalisation d'études d'arbres avec un échantillonnage suffisamment grand pour être représentatif de toutes les essences. Les matrices actuelles sont fondées sur différentes sources de données qui ne proviennent pas du même cadre méthodologique. Les données mesurées sont variables dans le temps, puisque les normes en place lors de la réalisation des projets d'étude d'arbres influencent souvent la prise de mesures. Dans les données existantes, les variations se situent principalement dans le mesurage des arbres sur pied. Ceux-ci ont parfois été classés selon le système de classes de vigueur 1234 (Majcen *et al.* 1990), celui des classes de priorité de récolte MSCR (Boulet 2007), ou celui des classes de qualité ABCD (MFFP 2014a), mais le classement a souvent été fait à l'aide de deux de ces systèmes. Dans d'autres cas, les mesures comme la hauteur de l'arbre n'ont pas été notées. Le manque d'uniformité des sources d'information nécessaires à la construction d'une matrice de RPP peut causer le rejet de certains échantillons, diminuer la puissance des analyses statistiques et réduire la portée de l'étude.

1.3. Projets de l'Outaouais et du Bas-St-Laurent

Afin de bonifier les matrices de RPP, les directions régionales de la gestion des forêts de l'Outaouais (DGFo-07) et du Bas-St-Laurent (DGFo-01) ont réalisées, en 2014, des projets d'analyse de tiges. Dans le cadre de ces travaux, réalisés conjointement avec la Direction de la recherche forestière (DRF), le Bureau de mise en marché des bois (BMMB), le Centre canadien sur la fibre du bois (CCFB) et le Chantier sur la forêt feuillue, il a été mis en évidence qu'il n'existait pas de méthode d'échantillonnage d'arbres officielle et bien documentée. Afin de maximiser la portée de l'échantillonnage et des efforts

investis, les instigateurs du projet ont cherché à évaluer les coûts et les bénéfices de chaque mesure à prendre, afin de répondre aux objectifs spécifiques du projet, tout en considérant la compatibilité des nouvelles mesures avec celles qui existent déjà.

1.4. Objectifs

Le présent document a pour objectif de présenter une méthode uniformisée d'échantillonnage d'arbres pour la production des modèles et des matrices de RPP des espèces feuillues présentes au Québec. Plus précisément, il vise à :

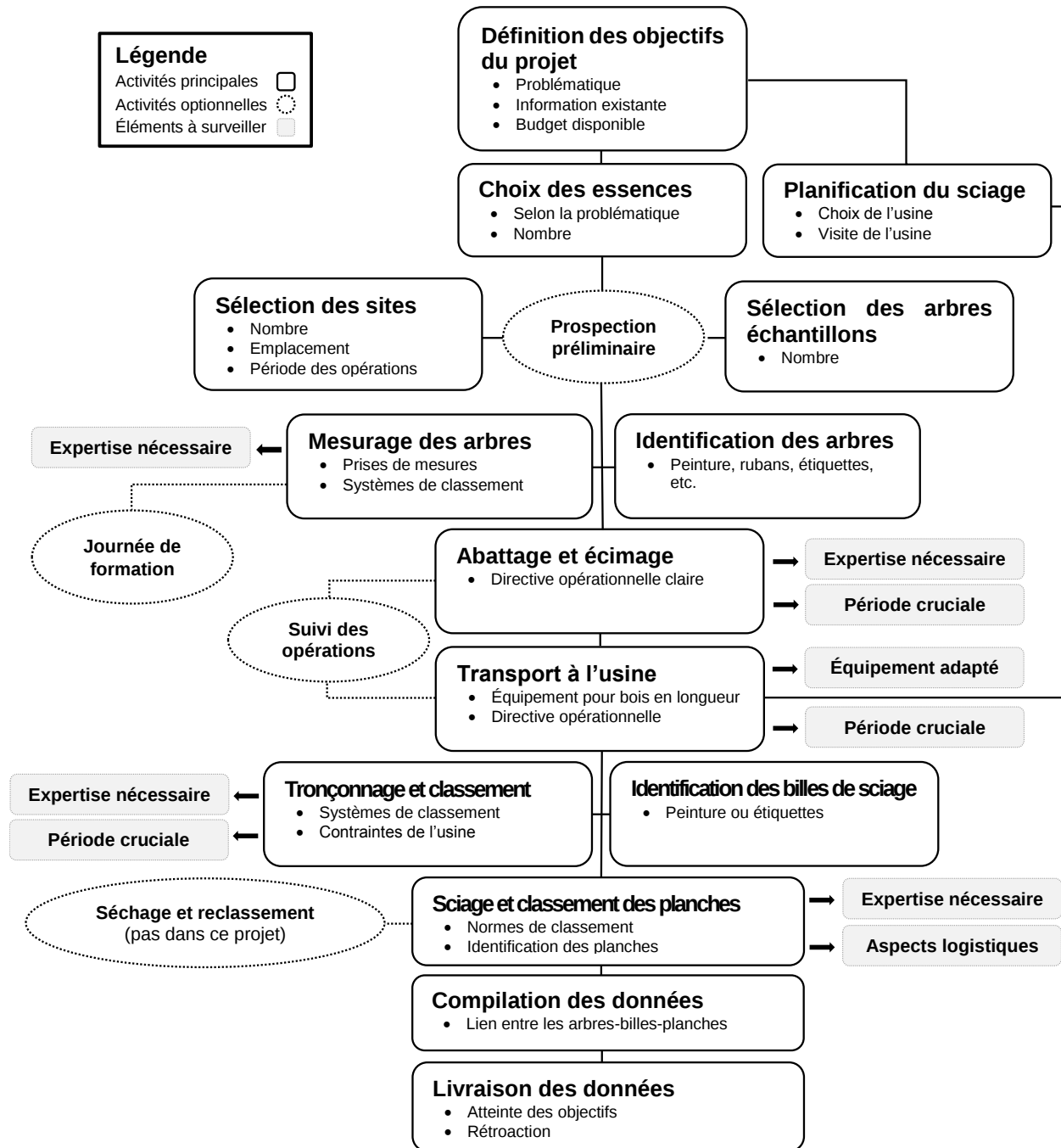
- 1) présenter l'approche méthodologique et les principaux aspects à considérer lors de l'échantillonnage des arbres;
- 2) décrire les travaux réalisés lors d'études de cas dans deux régions;
- 3) dresser un bilan et proposer des améliorations en vue des études futures.

Dans une perspective plus large qui dépasse le cadre de ce rapport, l'échantillonnage réalisé par les deux études de cas servira aussi à répondre aux objectifs suivants :

- 1) améliorer les connaissances sur le volume réel et la valeur des produits des essences feuillues peu représentées afin de bonifier la base de données provinciale;
- 2) évaluer les écarts entre les normes de façonnage des industriels par rapport à ceux d'un tronçonnage optimisé des tiges;
- 3) contribuer à l'amélioration de la qualité des analyses financières des chantiers destinés à la récolte.

2. Analyse des étapes de réalisation

2.1. Schéma général des étapes de réalisation du projet



2.2. Détail de la réalisation

2.2.1. Sélection de l'usine de transformation

Lorsqu'une étude implique le sciage de billes, on doit choisir l'usine de sciage dès le début du projet et s'assurer qu'elle répond aux besoins du projet :

- 1) Est-ce que le type de l'usine est adéquat? Il faut considérer les réalités de transformation de l'usine pour être en mesure de transformer toutes les billes produites au tronçonnage selon les besoins de l'étude (ex. longueurs minimales et maximales).
- 2) Est-ce que l'usine est intéressée à participer au projet? L'usine doit permettre la visite et l'utilisation des installations et se montrer ouverte à collaborer.
- 3) Est-ce que la cour à bois peut nous accommoder? Il importe de considérer la taille et de la capacité de la cour à bois pour étendre les arbres en vue du tronçonnage.
- 4) Est-ce que l'usine est bien située? Si plus d'une usine répond aux besoins, le choix final peut s'effectuer en considérant son emplacement par rapport aux chantiers de coupe (ex. distance de transport).

2.2.2. Choix des essences et du nombre de tiges à échantillonner

Le choix des essences doit être motivé par les besoins de connaissances propres à chaque région. Dans le présent exercice, nous avons examiné prioritairement les essences pour lesquelles il existe peu ou pas de données.

Le nombre de tiges à échantillonner, quant à lui, dépend des facteurs à l'étude. Pour le présent projet, nous avons visé un minimum de 50 arbres par essence et par site, afin d'avoir une bonne distribution des arbres selon les diamètres et les classes de priorité de récolte MSCR et respecter les budgets disponibles. La qualité des arbres a également été prise en considération lors du choix des arbres échantillons.

2.2.3. Sélection des sites

Les inventaires avant traitements et la photo-interprétation 3D peuvent être utiles pour la sélection préliminaire des sites potentiels. Dans le cadre de ce projet et pour que l'échantillon soit représentatif de la réalité générale des régions d'étude, nous avons porté une attention particulière à l'échantillonnage des peuplements correspondant aux situations les plus fréquemment rencontrées, en évitant les cas marginaux. De plus, nous voulions avoir au moins deux sites par région d'étude.

Par ailleurs, il faut aussi considérer la capacité opérationnelle à récolter le peuplement. Dans la présente étude, les peuplements inventoriés étaient inclus dans la programmation annuelle de récolte (PRAN) ou

dans le plan d'aménagement forestier intégré opérationnel (PAFIO). Ils avaient donc fait l'objet de consultations aux tables de gestion intégrée des ressources et du territoire (TGIRT). Le fait que les peuplements inscrits à la PRAN correspondent à la récolte prévue pour l'année en cours permet des synergies, mais implique, en contrepartie, une étroite collaboration avec les industriels responsables des récoltes. Si, pour diverses raisons, il est impossible d'utiliser des secteurs prévus à la PRAN ou au PAFIO, une attention particulière doit être portée au processus prévu à la TGIRT de la région, puisqu'il peut entraîner des délais supplémentaires.

2.2.4. Sélection des arbres échantillons

De par l'hétérogénéité naturelle des peuplements, certaines zones ont plus de chances d'abriter une concentration notable des tiges recherchées. L'inventaire sur le terrain permet d'évaluer la représentativité d'un peuplement et orienter la prospection des arbres échantillons. Selon les objectifs poursuivis, la sélection des tiges peut s'effectuer, entre autres, selon ces deux patrons d'échantillonnage :

1. Un échantillonnage **stratifié non proportionnel** permet de sélectionner des tiges distribuées également entre toutes les classes de diamètre, de qualité, de vigueur ou autres. Ce type d'échantillonnage ne tient pas compte de la répartition des différentes classes dans le peuplement; un nombre égal de tiges est sélectionné aléatoirement dans chaque strate.
2. Un échantillonnage **stratifié proportionnel** est fonction de la probabilité de retrouver les tiges sur le terrain. Le nombre de tiges sélectionnées dans chaque strate est proportionnel à sa représentation dans le peuplement. Ainsi, l'échantillonnage est plus intensif dans les classes fortement représentées. Généralement, l'échantillonnage aléatoire simple donne un échantillon équivalent à celui obtenu par échantillonnage stratifié proportionnel, sauf qu'il n'assure pas la présence de toutes les classes dans l'échantillon, particulièrement les plus rares.

Pour cette étude, **nous avons retenu la première option**. En plus d'avoir l'avantage de couvrir un plus large éventail de possibilités (ce qui permet de caractériser à la fois les arbres récoltés et les arbres résiduels du peuplement), l'échantillonnage stratifié non proportionnel nous assure d'avoir un nombre de tiges suffisant dans chaque classe afin de bâtir les modèles et les courbes souhaités.

Avant d'aller sur le terrain, il faut fixer le nombre de tiges à échantillonner selon les caractéristiques recherchées. Pour cette étude, les critères de stratification d'échantillonnage comprenaient l'essence, le diamètre et les classes de priorité de récolte (MSCR). Les responsables de la sélection des tiges sur le terrain devaient donc connaître les normes liées à ce système de classement. La classe de qualité ABCD n'a pas été contrôlée à priori.

La prospection sur le terrain nécessite certains équipements (GPS, pied à coulisse ou ruban diamétral, rubans de couleur, etc.). Les informations à prendre sont très génériques et dépendent des

caractéristiques d'arbres recherchées. Les coordonnées GPS des tiges potentielles permettent de représenter leur répartition sur une carte, et ainsi, facilitent le choix final des arbres échantillons selon les objectifs du projet.

2.2.5. Mesurage et identification des arbres échantillons

2.2.5.1. Mesurage

Le mesurage des arbres sur pied est une étape clé du projet. La liste de variables à mesurer doit être établie au départ et être approuvée par tous les décideurs et utilisateurs des données. Chaque variable à mesurer doit être choisie en considérant son lien avec les objectifs du projet, son apport pour chaque intervenant et son coût d'acquisition.

Dans le cadre de cette étude, nous voulions que les données soient faciles à jumeler à celles déjà existantes (c.-à-d. des études d'arbres réalisés par la Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers [DAEF] et la DRF depuis le début des années 2000), et intégrer quelques nouvelles variables pour prendre en considération certains besoins spécifiques de chaque région (ex. : évaluation de la qualité des tiges de diamètre à hauteur de poitrine [DHP] inférieur à 24 cm au Bas-Saint-Laurent, ou identification du stade d'évolution de la maladie corticale du hêtre en Outaouais). Les mesures ont été prises en forêt en suivant un protocole établi par la DRF. Ce protocole peut être obtenu en contactant les auteurs du présent rapport. Les variables suivantes ont été mesurées sur chaque arbre :

- Identification de l'essence
- DHP
- Hauteur totale de l'arbre
- Classe de vigueur (1234) selon Majcen *et al.* (1990)
- Classe de priorité de récolte MSCR de l'arbre selon la norme de Boulet (2007)
- Code de défaut associé à la priorité de récolte MSCR de l'arbre
- Pourcentage de défoliation
- Classe de qualité ABCD selon MFFP (2014a)
- Qualité pour le déroulage
- Bille de bois d'œuvre (O-P) selon la norme de MRNF (2006)
- Stade d'évolution de la maladie corticale du hêtre

De plus, tous les arbres échantillons ont été classés pour la vigueur et la forme selon un système appliqué au Nouveau-Brunswick (Pelletier *et al.* 2013).

Lorsqu'une variable doit être mesurée pour la première fois et qu'aucune rétroaction n'est possible, la prise de mesures doit être vérifiée par des tests avant d'être appliquée à plus large échelle. La mesure de certaines variables demande une expertise et des connaissances particulières (ex. système de classement de qualité ABCD). Selon la complexité des variables à mesurer, une formation des équipes de travail peut être nécessaire et donnée en faisant appel, à l'interne ou à l'externe, à du personnel qualifié. Dans tous les cas, il est important de rencontrer les équipes de terrain au début du mesurage et de leur donner les mêmes directives. Cette rencontre permet de s'assurer que ceux-ci ont pris connaissance du protocole de mesures, que leurs questions ont trouvé réponse et qu'ils connaissent toutes les particularités de mesurage.

La productivité des équipes de travail peut être très variable selon l'expérience des travailleurs, la quantité de mesures à prendre et les caractéristiques des arbres à évaluer. Certaines mesures peuvent être prises en série pour accélérer le travail (ex. mesurer la hauteur de tous les arbres) ou selon les compétences spécifiques des évaluateurs (ex. classement MSCR).

2.2.5.2. Identification

Les arbres échantillons peuvent être identifiés, en totalité ou en partie, lors de la prospection. Par ailleurs, il est préférable de finaliser l'identification des tiges après le mesurage pour s'assurer de n'identifier que celles retenues pour l'étude, dans le cas où certains arbres échantillons seraient rejetés à la suite de la validation. C'est également le moment de vérifier l'absence d'erreurs dans la numérotation (ex. doublons) qui pourraient nuire au suivi des tiges.

D'une part, l'identification devrait être visible et claire pour les opérateurs, de manière à ce que les arbres échantillons soient faciles à repérer et se distinguent des autres tiges marquées pour la coupe (ex. peinture et rubans de couleur distincte de ce qui est utilisé pour le marquage dans le peuplement). D'autre part, la numérotation des arbres devrait permettre de les suivre jusqu'à la cour de l'usine. Le numéro doit donc résister à l'abattage, au débardage et au transport (ex. : étiquette métallique clouée sur l'arbre ou étiquette de plastique brochée sur la découpe).

Les coordonnées GPS de chaque arbre échantillon devraient être notées pour faciliter la tâche aux abatteurs ou permettre à d'autres personnes qui doivent se rendre sur le site de trouver facilement une tige. Ils permettent aussi de retrouver les arbres qui auraient pu être oubliés sur un chantier de coupe.

2.2.6. Abattage et écimage des arbres échantillons

L'abattage et l'écimage des arbres échantillons sont des étapes complexes et contraignantes. D'abord, la directive opérationnelle (DO) du projet peut différer de celle que les ouvriers appliquent habituellement (ex. diamètre minimal au fin bout à respecter lors de l'écimage). Parmi les principaux critères à considérer, il faut couper l'arbre le plus proche possible du sol (éviter de « botter ») et chercher à récolter

toutes les parties de l'arbre ayant un potentiel de répondre aux normes du sciage ou de la pâte (en incluant les grosses branches). Les arbres échantillons **ne doivent pas être tronçonnés** et doivent être acheminés par tronc entier jusqu'au site identifié pour l'étude de tronçonnage.

Ensuite, les arbres échantillons doivent être récoltés de préférence à la fin de l'été ou par après, puisque la qualité du bois des feuillus se dégrade rapidement à la chaleur. Ainsi, lors de l'abattage, il faut déjà planifier le moment du tronçonnage des tiges et savoir que la fenêtre d'opération est relativement étroite entre les deux opérations. Le tronçonnage devrait s'effectuer de préférence avant l'apparition de la neige, qui peut entraver et même empêcher le travail des mesureurs. Des moyens comme l'arrosage des billes peuvent limiter la dégradation du bois et allonger la période entre l'abattage et le tronçonnage, mais ils sont plus coûteux et n'ont pas été utilisés dans le cadre de ce projet.

Enfin, si les opérations ne sont pas réalisées en collaboration avec l'industrie forestière, une attention particulière doit être apportée à la période de chasse et aux modalités d'harmonisation dont on a convenu localement ou régionalement.

2.2.7. Transport à l'usine des arbres échantillons

Le transport des arbres échantillons devrait s'arrimer, de préférence, avec la planification de transport de l'industriel. Il vaut mieux transporter les arbres échantillons en même temps que ceux des opérations régulières, de façon à limiter le déplacement de la machinerie entre les chantiers de coupe pour transporter uniquement les arbres échantillons. Cela permet de limiter les coûts supplémentaires, tant pour l'industriel que pour le projet. La disponibilité d'une chargeuse apte à manipuler des bois en longueur est aussi à prévoir. Dans une UA où le transport s'effectue habituellement par bois court, cela peut constituer un défi supplémentaire.

Par ailleurs, l'état des chemins lors de la période de récolte doit recevoir une attention particulière. Selon leur qualité et les conditions météorologiques, les chemins peuvent devenir excessivement fragiles à la suite d'importantes précipitations et forcer l'arrêt des opérations de transport, le temps que le chemin durcisse. Comme il y a généralement peu de temps entre les premiers gels et les chutes de neige, un déneigement du chemin forestier peut parfois s'avérer nécessaire, augmentant les coûts du projet.

2.2.8. Tronçonnage des arbres échantillons

2.2.8.1. Préparation

Les arbres échantillons doivent être étendus sur des longerons dans la cour de l'usine pour être mesurés, évalués et tronçonnés. L'entente conclue avec l'usine de sciage doit prévoir que celle-ci libère occasionnellement une chargeuse pour manipuler les tiges mesurées et celles qui ont été empilées lors de leur livraison à l'usine.

Les arbres peuvent aussi être tronçonnés directement sur le parterre de coupe, de manière à permettre ensuite le transport de bois court. Toutefois, l'opération peut alors s'avérer plus complexe et offrir moins de flexibilité que si elle est réalisée dans la cour d'une usine. Les tiges doivent être placées sur des longerons, ce qui nécessite de grandes aires d'empilement. L'aire d'empilement peut être plus petite et se situer sur ou à proximité d'un chemin près du lieu de récolte, à condition d'avoir une chargeuse sur place pour déplacer les tiges tronçonnées et de pouvoir fermer temporairement le chemin pendant l'opération. De plus, lorsque les chantiers de coupe sont éloignés, le temps de déplacement des équipes de tronçonnage peut augmenter et engendrer des coûts supplémentaires.

2.2.8.2. Tronçonnage optimisé

Les responsables du tronçonnage doivent maîtriser la norme de classement de Petro et Calvert (1976), la norme de classement du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP 2014b) et la manipulation d'une scie à chaîne. La possibilité de produire des billes de qualité de déroulage (classe A; MFFP 2014b) pour les tiges de BOP et CHR ainsi que des billes de sciage non conventionnelles pour chaque espèce doivent aussi être considérées dans l'évaluation, afin de refléter le panier de produits optimal de chaque arbre échantillon.

2.2.8.3. Tronçonnage opérationnel simulé

Dans le cadre de ce projet, nous avons simulé le tronçonnage opérationnel des arbres échantillons à l'aide des traits de peinture, selon les modalités définies pour chaque région (présentées en détail dans la section « étude de cas »). Cette simulation a permis de comparer les rendements en volume et en qualité obtenus selon l'approche opérationnelle avec ceux du tronçonnage optimisé. Puisque le tronçonnage opérationnel n'a pas été fait en réalité, les réductions volumétriques au bout des billes simulées ont été estimées après le tronçonnage optimisé.

2.2.9. Sciage des arbres échantillons

L'étape du sciage se déroule à l'intérieur et n'est pas affectée par les conditions météorologiques, ce qui lui donne plus de flexibilité que les étapes précédentes. Il est important de bien définir les besoins avant de choisir la méthode de sciage en usine. En effet, celle-ci peut avoir des effets majeurs sur les coûts, mais aussi sur l'utilisation possible des données récoltées et sur la puissance des analyses qui en découlent.

2.2.9.1. Échelle de travail

La plus grande précision est obtenue lorsqu'on travaille à l'échelle des billes individuelles. Pour mesurer le rendement en sciage des billes, chacune doit être suivie individuellement dans l'usine, planche par

planche. Dans la présente étude, nous avons choisi cette façon de faire afin de conserver le lien entre les arbres en forêt et les planches produites par ceux-ci.

On peut aussi travailler à l'échelle du lot de bois et ainsi déterminer la quantité de sciage produit par l'échantillon d'arbres dans son ensemble. Selon le type de regroupement effectué avant le sciage (ex. : par classe de diamètre, de qualité, ou les deux), les coûts, le temps de réalisation et la logistique requise sont généralement moindres que pour le suivi individuel des billes. Toutefois, le niveau de détail de cette approche simplifiée est plus faible et peut être insuffisant pour certaines utilisations, comme celles qui visent à bien comprendre le lien qui unit les caractéristiques des arbres et des billes aux sciages produits.

2.2.9.2. Entente avec l'usine

Avant le début du sciage, il est important de s'entendre avec les responsables de l'usine et leurs employés sur la manière de procéder. Le suivi individuel de chaque bille lors du sciage ne peut se faire en mode production et ralentit le fonctionnement de l'usine. Généralement, l'usine qui participe au projet voudra être dédommée (monétairement ou en bois) pour cette diminution de productivité. Du point de vue strictement opérationnel, l'option de travailler à l'échelle du lot de bois représente un coût plus faible et a moins d'effet sur la productivité de l'usine.

2.2.9.3. Autres options

Deux méthodes de sciage, qui influencent peu ou pas la production, ont été considérées dans le cadre de cette étude. La première consiste à louer l'usine de sciage pendant un certain temps (ex. : une journée ou une fin de semaine) afin de traiter très rapidement toutes les billes. Cette solution a l'avantage d'être rapide, tout en facilitant la réussite du projet, car tous les efforts sont mis en œuvre uniquement pour le sciage des billes du projet de recherche (ex. moins de risque de perdre des planches). Par contre, elle peut être très coûteuse, car l'ensemble des frais de fonctionnement de l'usine de sciage doivent généralement être assumés par les instigateurs du projet de recherche (ex. location exclusive de l'usine).

La seconde option consiste à intégrer la transformation des billes échantillons à l'intérieur de la production normale de l'usine, par exemple, en insérant une bille échantillon entre celles transformées normalement par l'usine de sciage. La fréquence d'insertion des billes peut varier selon la configuration de l'usine. Cette solution a peu d'effet sur la productivité de l'usine, mais elle diminue celle de l'équipe de recherche responsable de l'étude, car le sciage de toutes les billes peut s'étendre sur une longue période. De plus, il est parfois nécessaire d'attendre la période propice pour scier certaines essences du projet, en même temps que celles de l'usine (ex. scier de l'érable avec de l'érable). Comme procédure de fonctionnement, il s'agit de suivre les billes et les planches avec des traits de peinture qui sont rafraîchis à chaque découpe (la face du bout des billes ne peut pas être peinte à cause de l'éboutage). Par contre, le nombre de billes qu'on peut insérer dans la chaîne de production est limité par le nombre de couleurs disponibles pour l'identification.

2.2.9.4. Normes de sciage

Dans le cadre de ce projet, le sciage a été effectué par débit sélectif, en maximisant la production du bois de qualité selon les normes de la National Hardwood Lumber Association (NHLA 2011). Pour que les données soient compatibles avec les bases de données existantes, les billes échantillons ont été transformées en sciages de longueurs et de largeurs variables, d'une épaisseur de 2,54 cm (1 po ou 4/4) et en blocs de dimensions variant de 5,08 x 7,62 à 10,16 x 12,70 cm (2 x 3 à 4 x 5 po).

2.3. Compilation et validation des données

Les mesures et évaluations réalisées lors de chacune des phases d'un projet d'analyse de tiges sont consignées dans différentes bases de données :

1. Caractéristiques des arbres sur pied
2. Caractéristiques des billes dans chacun des arbres
3. Caractéristiques des sciages dans chacune des billes

Pour pouvoir tirer pleinement profit des informations recueillies, on doit éventuellement intégrer toutes ces données. Comme les informations de chacune des phases de travail sont généralement colligées par des équipes et à des moments différents, assurer la cohérence des données est un défi de taille. De plus, il est souvent difficile, une fois les travaux complétés, de bien comprendre l'origine d'une incohérence et de définir la correction appropriée. Pendant tout le projet, il faut donc adopter des pratiques susceptibles d'éviter les incohérences. Une bonne pratique consiste à fournir aux équipes de travail les informations recueillies lors de la phase précédente. Ainsi, par exemple, si l'on s'apprête à tronçonner une tige de chêne rouge alors que les informations sur les arbres sur pied annoncent qu'il s'agit d'un bouleau à papier, on pourra détecter l'incohérence, investiguer et, le cas échéant, procéder aux ajustements requis.

La validation des données requiert de bonnes compétences en interrogation et gestion de base de données. Elle nécessite aussi une bonne connaissance technique de chacune des phases des travaux, pour que la personne soit apte à identifier les sources d'erreur et, si requis, définir les corrections pertinentes. L'identification des incohérences au cours du projet peut faciliter les corrections et éviter le rejet des données incomplètes ou erronées.

2.4. Synthèse de la production

Le tableau 1 résume les ressources nécessaires à la réalisation des principales étapes du projet. Les chiffres donnés pour chaque région sont une estimation et visent uniquement à donner un ordre de grandeur.

Tableau 1. Ressources nécessaires à la réalisation des principales étapes du projet, dans les deux régions à l'étude.

Étape	Action	Bas-Saint-Laurent		Outaouais	
		Production	Ressources	Production	Ressources
Identification des tiges	Prospection et classement MSCR* (*Bas-Saint-Laurent seulement)	25 arbres/jour	Équipe de 2	50 arbres/jour	Équipe de 2
Mesurage et classement	Mesure des hauteurs	50 arbres/jour	Équipe de 2	20 arbres/jour	Une personne
	Classement MSCR*, ABCD, O/P, Déroulage, 1234 (*Outaouais seulement)	50 arbres/jour	Équipe de 2		
Récolte	Abattage	30 arbres/jour	Équipe de 2	Variable	Indéterminées
	Suivi de l'abattage	0,5 jour/site	Une personne		
Transport	Transport	55 arbres/voyage	Camion de bois en longueur	50 arbres/voyage	Camion de bois en longueur
Tronçonnage	Simulation de tronçonnage et mesurage Petro	75 à 100 arbres/jour	Équipe de 2	100 arbres/jour	Une personne
	Tronçonnage et mesurage Petro	25 à 30 arbres/jour	Équipe de 3	20 arbres/jour	Équipe de 2
Sciage	Suivi en usine et classement	40 billes/jour	Équipe de 6	73 billes/jour	Équipe de 5

3. Études de cas

Nous avons retenu FPIinnovations (FPI) comme prestataire de services pour réaliser les travaux de tronçonnage et superviser le sciage devant s'effectuer à l'usine. Il s'agit d'une des rares organisations à maîtriser suffisamment la norme de Petro et Calvert (1976) pour le tronçonnage des tiges, tout en étant spécialisée dans les opérations en usine. De plus, nous avons confié à FPI la responsabilité d'assurer le contrôle de qualité et la validation des données de tronçonnage et de sciage.

3.1. Outaouais

3.1.1. Sélection de l'usine de transformation

L'usine de Forespect, située à Namur, a été retenue pour transformer l'ensemble des arbres échantillons pour les raisons suivantes :

- Elle a la capacité de produire des planches dans une large gamme de qualités et de dimensions.
- Elle est petite et munie d'une seule ligne de transformation, ce qui améliore la traçabilité des billes et des planches.
- Les coûts d'utilisation des installations sont faibles.
- Elle se situe à proximité d'un des chantiers de récolte (environ 40 km).

3.1.2. Choix des essences et du nombre d'arbres échantillons

L'étude a porté sur 303 arbres échantillons, soit précisément 71 ERR, 87 CHR, 76 HEG et 69 BOP. À notre connaissance, aucune autre étude d'arbres n'a évalué la répartition des produits (volumes et qualités) pour l'ERR et le CHR. Pour les 2 autres essences, les études précédentes comprenaient trop peu de tiges pour caractériser la RPP en Outaouais.

3.1.3. Sélection des sites

En Outaouais, on retrouve 6 unités d'aménagement (UA). Les échantillons d'arbres provenaient de l'UA 072-51 et de l'UA 073-51, où se font le plus de récoltes partielles d'essences feuillues dans la région. Les sites ont été sélectionnés selon la disponibilité des essences recherchées et la distance de transport à l'usine.

3.1.4. Sélection des arbres échantillons

Les arbres échantillons ont été choisis à l'aide des inventaires d'interventions et de la photo-interprétation 3D, lorsque celle-ci était disponible. Cette dernière a permis de repérer les essences concentrées dans et autour des parcelles. Par la suite, nous avons prospecté dans les chantiers qui présentaient les peuplements au meilleur potentiel quant à leur structure et leur composition. Les arbres choisis pour l'étude ont été identifiés avec un ruban de couleur différente de celle utilisée pour les opérations de récolte. Pendant toute l'étape de prospection, un décompte des arbres s'est fait sur le terrain en s'assurant de la répartition adéquate des essences et des classes de diamètre. De retour au bureau, nous avons compilé l'information et analysé la répartition des essences, classes de DHP et de priorité de récolte MSCR (voir les formulaires de prospection et de dénombrement présentés dans les annexes 1 et 2).

Dans l'ensemble, une équipe de 2 techniciens forestiers du MFFP prospectait entre 50 et 70 arbres par jour.

3.1.5. Mesurage et identification des arbres échantillons

Le mesurage des arbres a débuté par une formation de deux jours offerte par un professionnel de la DRF, à laquelle toutes les équipes de terrain ont participé. Cette journée a permis d'appliquer le protocole de mesure sur quelques arbres. La formation a été appréciée par les travailleurs, qui ont pu poser des questions et obtenir des précisions sur les données à prendre. La plupart des équipes étaient familières avec la majorité des mesures demandées, sauf la classification ABCD. Le formateur s'est donc attardé à bien expliquer les règles de ce système de classement.

En moyenne, les équipes locales de 2 personnes ont réussi à mesurer 40 arbres par jour. Une équipe de deux techniciens de la DRF a validé le mesurage de la plupart des arbres pour s'assurer de la fiabilité des mesures.

3.1.6. Abattage et écimage des arbres échantillons

Des procédés de récolte différents ont été appliqués dans les deux chantiers retenus de la région. Dans le premier chantier, « Au Loup », situé dans l'UA 072-51, les arbres échantillons ont été récoltés selon un procédé mécanisé de bois en longueur, dans lequel l'écimage était mécanisé. Dans le deuxième, « Vases », situé dans l'UA 073-51, la récolte s'est faite selon un procédé semi-mécanisé de bois en longueur, dans lequel l'écimage était manuel. Les arbres échantillons ont été abattus et écimés en même temps que les opérations de récolte habituelles. Une DO pour l'abattage et l'écimage des arbres échantillons a été élaborée, puis fournie aux contremaîtres des 2 chantiers (Annexes 4 et 5) avant le début des opérations. À cette étape, il a fallu s'assurer que les contremaîtres des opérations prennent connaissance et reconnaissent la DO.

Au chantier Au Loup, les arbres échantillons ont été débardés en entier dans une pile distincte et écimés au bord du chemin avec une chargeuse munie d'une scie à chaîne. Un technicien forestier du MFFP était présent lors de l'écimage pour s'assurer de l'identification de toutes les parties structurales de l'arbre (tronc principal, fourches et branches) selon les dimensions (diamètre et longueur) spécifiées par la DO. Les parties des arbres écimés ont été numérotées sur les découpes à l'aide d'un feutre noir résistant à l'eau. De plus, au moins deux faces de la section de chaque arbre ont été identifiées avec de la peinture. La longueur de chaque section de l'arbre a également été notée sur le formulaire pour faciliter l'identification une fois à l'usine.

Au chantier Vases, les arbres échantillons ont été écimés manuellement sur le parterre de coupe, puis débardés au bord du chemin dans des piles distinctes de celles des opérations courantes. Un technicien forestier était présent lors de l'écimage pour s'assurer du respect de la DO.

3.1.7. Transport à l'usine

Au chantier Au Loup, qui comptait 110 arbres échantillons, le transport s'est fait en 2 voyages, supervisé par un contremaître des opérations forestières de l'industriel. Toutes les tiges étaient regroupées dans une seule pile distincte.

Au chantier Vases, il y avait une dizaine de piles de bois comptant un total de 200 arbres et réparties sur environ 4 km. Le transport a nécessité 5 voyages et s'est fait sous la supervision du MFFP, par souci de ne pas perdre des arbres au cours du chargement.

3.1.8. Tronçonnage

Le tronçonnage opérationnel des arbres échantillons a été simulé par un entrepreneur forestier. Celui-ci a apposé des traits de peinture aux endroits où il aurait normalement effectué un trait de scie à l'aide d'une tronçonneuse mobile (*slasher*), puis a suivi les directives de l'usine au sujet des dimensions des billes à produire (c.-à.-d. des longueurs variables). Lors du marquage, toutes les tiges ont été mises sur des longerons et espacées pour permettre la libre circulation du préposé. Une chargeuse était disponible pour faire les manipulations nécessaires.

Par la suite, lors du tronçonnage optimisé, le MFFP a fourni deux personnes pour aider les équipes de FPI à accomplir le mesurage, le classement et le tronçonnage des billes échantillons selon les normes du MFFP (2014b) et de Petro et Calvert (1976).

3.1.9. Sciage

Le sciage s'est effectué en insérant 4 billes échantillons à toutes les 10 billes transformées. Pour assurer la traçabilité des billes transformées en planches, une personne munie d'un jeu de 4 couleurs de peinture a marqué les faces des billes après l'écorçage, en s'assurant de noter le numéro de la bille. Par la suite, elle a communiqué par radio avec le reste de l'équipe pour leur indiquer la couleur de la bille qu'ils devaient utiliser pour marquer les billes jusqu'à leur sortie de l'usine. Le suivi du sciage des billes échantillons a été effectué par une équipe de 5 personnes (3 de FPI et 2 de MFFP, annexe 7).

3.2. Bas-Saint-Laurent

3.2.1. Sélection de l'usine de transformation

Dans la région du Bas-Saint-Laurent, les usines de sciage Bois BSL et Bégin & Bégin transforment les feuillus durs. Dans l'UA 012-53, le bois est garanti uniquement à Bois BSL, alors que dans l'UA 012-54, les deux usines sont susceptibles de recevoir des volumes.

L'usine Bois BSL est située près des sites d'étude et dispose d'une grande cour à bois. Toutefois, c'est une entreprise intégrée dont les opérations sont orientées vers la production de bois de palette pour approvisionner une seconde usine de fabrication de planchers.

La scierie Bégin & Bégin est située plus loin des sites d'étude, ce qui rend le transport plus complexe. Toutefois, elle a été retenue pour transformer les arbres échantillons puisque sa production est orientée vers le bois d'apparence.

3.2.2. Choix des essences et du nombre d'arbres échantillons

L'étude a porté exclusivement sur le BOP, une espèce d'importance pour la région, mais qui est faiblement représentée dans les matrices de RPP. Initialement, nous avons comme objectif d'identifier près de 130 arbres, afin d'avoir un échantillon total d'environ 110 tiges à la suite de la prospection et des pertes dues aux opérations de récolte. Au total, 104 arbres échantillons ont été inclus dans cette étude.

3.2.3. Sélection des sites

Deux peuplements ont été identifiés à l'extrémité est de la région, soit dans les UA 012-53 et 012-54, respectivement. Il s'agit des UA les moins productives de la région et, selon les observations des aménagistes, celles où l'on observe les plus grands écarts entre les volumes garantis et les volumes récoltés. Le volume des sciages de bois dur d'essences feuillues y est principalement généré par le BOP et le BOJ.

3.2.4. Sélection des arbres échantillons

Au préalable, une grille a été bâtie afin d'assurer un échantillon stratifié dans chacun des chantiers de récolte. Les classes de diamètre ont été regroupées sur la base du potentiel de sciage (Tableau 2) : les sciages non conventionnels (DHP de 18 à 22 cm), les petits sciages (DHP de 24 à 32 cm) et les gros sciages (DHP $\geq$ 34 cm, soit les qualités A et B).

Tableau 2. Répartition souhaitée des arbres échantillons par classe de DHP et par regroupement de classes MSCR pour un chantier de récolte.

Classe de DHP (cm)	Classe de priorité de récolte			Total
	M	S	C/R	
18-22	5	5	5	15
24-32	8	8	9	25
34 et +	8	8	9	25

La prospection et la sélection des tiges se sont effectuées simultanément. Elles ont été orientées en fonction des parcelles d'inventaires. Le personnel terrain a reçu une grille précisant le nombre de tiges recherchées par classe de diamètre et par classe de priorité de récolte MSCR (Annexe 3). Il s'agit d'une ventilation du tableau 2 présenté ci-dessus. Toutefois, la rareté des tiges de plus de 34 cm de diamètre et le faible nombre des tiges de qualité « M » n'ont pas permis d'atteindre pleinement cet objectif.

Dans cette étude, les tiges ont été sélectionnées par deux techniciens forestiers du MFFP. Ce travail d'identification des tiges a nécessité deux jours par peuplement.

3.2.5. Mesurage et identification des arbres échantillons

Les équipes de travail avaient de l'expérience avec la plupart des mesures demandées, sauf le système de classification ABCD et celui pour la forme et la vigueur de l'arbre. En 2 jours, un professionnel de la DRF, aidé par un représentant de la région, a classé les arbres des 2 secteurs en fonction du système ABCD. La particularité de la région était le classement des tiges < 23,1 cm (c.-à-d. non sciabes selon les normes conventionnelles). Pour ces tiges, la qualité potentielle du sciage et du déroulage a été évaluée.

En incluant la prospection des tiges, la prise de mesures sur les arbres échantillons a nécessité 5 jours ouvrables par secteur (50 arbres). Par ailleurs, la classification pour la forme et la vigueur de l'arbre a été effectuée en une journée sur les 2 sites, par un professionnel venu du Nouveau-Brunswick.

3.2.6. Abattage et écimage des arbres échantillons

Les arbres échantillons n'ont pas pu être récoltés à même les opérations de récolte à plus grande échelle. En effet, les peuplements identifiés étaient des peuplements mélangés composés principalement de sapin baumier et de BOP, dans lesquels la récolte se fait majoritairement par bois court, à l'aide d'une abatteuse multifonctionnelle.

Un abatteur et une débusqueuse à câble ont dû être dépêchés sur les sites pour effectuer la récolte. Ils ont été payés sur la base d'un taux horaire. Au premier site, les tiges échantillons ont été récoltées par abattage manuel après la récolte régulière faite par une abatteuse multifonctionnelle, ce qui a facilité les travaux. Au second site, les arbres échantillons ont également été récoltés par abattage manuel, même si les opérations se sont avérées légèrement plus complexes puisqu'aucune récolte n'y avait été réalisée auparavant.

D'après la DO, l'abatteur devait récolter tout le bois marchand transformable (c.-à-d. toutes les sections mesurant au moins 9 cm de diamètre au fin bout et 2,50 m de longueur). Il ne devait toutefois pas enlever le pied de l'arbre lorsque ce dernier était carié (c.-à-d. faire du « bottage »).

Tous les arbres et toutes les sous-sections étaient identifiés en double, avec des étiquettes en plastique et un crayon feutre. La correspondance entre les numéros des arbres et les numéros des étiquettes a été

notée lors de l'identification des arbres. Pendant environ une demi-journée par site, les travailleurs étaient accompagnés par une personne qui connaissait bien chacun des secteurs et qui les aidait à repérer les tiges. Ils étaient ensuite autonomes et en mesure de marquer eux-mêmes les tiges et de prendre des notes.

Deux jours ont été nécessaires sur chaque site pour abattre, identifier et débusquer les tiges. Le temps de déplacement entre les deux sites était non négligeable.

3.2.7. Transport à l'usine

Les arbres échantillons ont été transportés en décembre, même si les tiges avaient été abattues et disposées sur le bord du chemin vers la fin d'octobre. Ce délai a été occasionné par la fragilité des chemins. La veille du transport, il a fallu déneiger les chemins d'accès dans les deux secteurs pour avoir accès aux tiges.

Le chargement des arbres en longueur a également été problématique. Dans le premier site, les arbres étaient courts, et un simple porteur avec mât télescopique a été en mesure d'effectuer le chargement des perches sur le camion. Pour l'autre site, une chargeuse en provenance de l'ouest de la région a dû être nolisée exclusivement pour le projet (trajet de plus de 250 km pour un aller simple).

3.2.8. Tronçonnage

La simulation de tronçonnage opérationnel à l'aide des traits de peinture consistait à reproduire le tronçonnage effectué par une abatteuse multifonctionnelle, afin de refléter le mode de récolte des peuplements mélangés des deux UA d'où provenaient les arbres échantillons. Les modalités précisaient de systématiquement simuler la coupe de la tige à longueur fixe, soit à tous les 2,50 m (8 pieds), sans égard aux défauts de surface.

Par la suite, lors du tronçonnage optimisé, un opérateur de scie à chaîne a été engagé pour aider FPI à mesurer, classer et tronçonner les billes selon les normes du MFFP (2014b) et Petro et Calvert (1976).

3.2.9. Sciage

Le sciage s'est effectué en introduisant une bille échantillon à toutes les 5 ou 6 billes transformées dans la chaîne d'opération de l'usine. La configuration non linéaire de l'usine Bégin & Bégin ne permet pas d'insérer plus de billes à la fois, car plusieurs retours des billes sont possibles (voir schéma annexe 8). En plus du personnel régulier de l'usine, le sciage des billes échantillons a nécessité l'implication de 3 personnes de FPI et de 3 employés supplémentaires de l'usine pendant 4 jours (Annexe 8).

4. Discussion et recommandations

Une des principales difficultés rencontrées dans le cadre du projet était le peu de temps disponible pour planifier et réaliser le travail. En tout, ces deux phases se sont échelonnées sur environ six mois, en s'intensifiant pendant les quatre derniers. Le grand nombre d'intervenants (partenaires, ressources humaines, prestataires de services) et de sites d'analyse (forêt, usine), les contraintes administratives (procédure d'octroi de contrats) de même que l'absence de contrôle sur certains facteurs déterminants pour la réalisation du projet (ex. : météo) ont complexifié le travail. Pendant toute la réalisation du projet, il nous a donc fallu être créatifs et assurer une communication et une concertation efficaces afin d'anticiper les problèmes et définir rapidement comment y faire face.

En Outaouais, le principal défi était lié au grand nombre d'arbres échantillons à gérer, nécessitant la mobilisation de plusieurs personnes pour sélectionner, mesurer et suivre les tiges lors de chacune des étapes du projet. Au Bas-Saint-Laurent, ce sont les conditions météorologiques qui ont causé quelques difficultés lors de l'étape de transport du bois. Les chemins forestiers n'étaient pas suffisamment durs pour permettre le transport du bois avant la tombée de la première neige et la période de gel, ce qui a fait augmenter les coûts du projet. Toutefois, le retard occasionné par le transport du bois n'a pas influencé la réalisation des autres étapes. Nous suggérons de prévoir une certaine marge de manœuvre, autant budgétaire qu'en temps, pour contrer les imprévus qui peuvent survenir au cours du projet.

La réalisation de plusieurs étapes du projet a nécessité certaines expertises spécialisées qui n'étaient pas disponibles au MFFP (ex. tronçonnage optimisé selon la norme de Petro et Calvert 1976). Pour nous assurer d'obtenir des résultats de qualité, nous avons dû recourir à un prestataire de services externe. Dans les deux régions, FPI a participé au processus de sélection de l'usine de sciage ainsi qu'aux travaux de tronçonnage et de sciage. Son apport a été essentiel pour l'atteinte des objectifs du projet, mais en a inévitablement fait augmenter les coûts de réalisation. Dans l'éventualité où la réalisation d'analyses de tiges deviendrait une activité courante au MFFP, il faudrait sérieusement envisager de développer une expertise interne en tronçonnage optimisé ainsi qu'en débitage en usine. À première vue, les mesureurs du MFFP seraient des candidats intéressants pour cette spécialisation. Un volume minimal et récurrent de travaux devra toutefois être envisagé.

L'élaboration d'une méthodologie pour estimer les écarts entre un tronçonnage optimisé et un autre, plus opérationnel, a été l'un des défis du projet. L'approche par simulation a présenté quelques faiblesses, notamment parce que les extrémités des billes n'étaient pas visibles et qu'il fallait estimer les défauts et les réductions volumétriques. Une comparaison préliminaire entre les résultats du tronçonnage optimisé et celui simulant l'opérationnel (non présentée dans le présent rapport) a fourni une première appréciation de l'importance des écarts souvent évoqués à ce sujet. Toutefois, il est difficile de définir si la quantification obtenue est exacte ou si elle résulte en partie de limitations méthodologiques. Nous devons analyser les résultats obtenus plus en profondeur afin de définir leur validité et leur potentiel

d'utilisation. À tout le moins, cette étude a permis de tester cette approche. La question des écarts demeure toutefois d'intérêt, et les promoteurs de nouveaux projets devraient eux aussi tenter de l'aborder. La méthode par simulation de tronçonnage doit être vue comme un point de départ, perfectible, et non pas comme une procédure reconnue à reproduire intégralement.

Les efforts consentis dans le cadre du présent projet afin de préciser la valeur de chacune des billes et, par le fait même, de chaque arbre, ouvrent la porte à la réalisation de nombreuses analyses des liens entre les caractéristiques des arbres ou des billes (défauts et qualité) et leur valeur de transformation. Les résultats de ces analyses permettront de juger de la pertinence d'avoir consacré autant d'efforts et de ressources au suivi individuel de chacune des billes lors de la phase de débitage. Une autre option serait de procéder à un débitage par lots de billes triées par essences ou classe de qualité, mais celle-ci reste à valider. En outre, le potentiel d'utilisation de ces résultats devra être démontré.

5. Conclusion

Les objectifs du projet ont été atteints. Le cadre méthodologique élaboré et consigné dans le présent document permettra de faciliter la planification à ceux qui seraient éventuellement mandatés pour produire des études du même type. Il leur permettra de découper rapidement le projet en étapes, de bien estimer les ressources requises et de bien anticiper les risques, en précisant les endroits où des contraintes d'expertise ou opérationnelles existent. En ce sens, ce cadre favorisera l'obtention de résultats de qualité et surtout, compatibles avec ceux existants. Cette dernière considération est extrêmement importante, car elle permet d'augmenter la valeur tant des nouvelles observations que de celles déjà disponibles. L'utilisation du cadre méthodologique proposé ici est donc à favoriser. À moins d'importantes percées sur l'exploitation des relevés de LiDAR terrestre, son contenu restera d'actualité pour encore plusieurs années.

Dans une perspective plus large, une première analyse des informations colligées nous a permis de bonifier significativement les connaissances sur la répartition par produits ainsi que sur la valeur des essences feuillues. L'intégration des nouvelles données dans la base de données provinciale nous a permis de développer des modèles de répartition par produits pour des essences jusqu'à présent mal documentées (HEG, CHR, ERR, BOP). Ces modèles ont été intégrés dans la version de SaMARE livrée en juin 2015 (MFFP 2015). Ils ont aussi permis de préciser, pour ces mêmes essences, la valeur des billes par classes de qualité. Les nouvelles données ont servi à mettre à jour la matrice de RPP dans MERIS et ces informations pourront être utilisées lors de la prochaine mise à jour des revenus nets de transformation dans ce logiciel (BMMB 2015). Elles contribueront ainsi à accroître la précision et l'exactitude des analyses de rentabilité financière des opérations de récoltes.

La réalisation de ce projet n'a évidemment pas permis de combler l'ensemble des besoins de connaissances associées à la répartition par produits et de la valeur des bois d'essences feuillues. Les matrices de répartition par produits pour de nombreuses essences marginales ou peu abondantes demeurent à documenter. Par ailleurs, pour celles qui le sont, il peut subsister quelques limitations découlant du nombre réduit d'observations disponibles (ex : HEG, ERR) ou encore, de la distribution des observations parmi les différentes classes de qualité et de diamètre. Le cadre méthodologique présenté dans ce rapport devrait faciliter la réalisation des travaux futurs et l'atteinte des objectifs visant à préciser la répartition par produits des espèces feuillues.

6. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier M. Jean Mc Donald et ses collègues de FPInnovations pour la réalisation des travaux de mesurage, de classement et de suivi des arbres échantillons lors des opérations de tronçonnage et de sciage, ainsi que les usines Bégin & Bégin et Forespect pour leur participation au projet. Nous remercions également toutes les personnes qui ont participé à la prise de mesures : MM. Michel Boudreau, Denis Heppell (Unité de gestion du Bas-Saint-Laurent), Benoît Carl, André Holmes, Mathieu Parent (Unité de gestion de la Haute-Gatineau et du Cabonga), Michel Girard, Patrice Gaudreault (Unité de gestion de la Basse-Lièvre). Merci à Mme Mélissa Lainesse (BMMB), M. Frédéric Leblanc (Unité de gestion du Bas-Saint-Laurent), Mme Rachelle Bélanger et M. Guy Lesage (DGFO-07) pour leur soutien professionnel pendant tout le projet, à Mme Monique Girouard (Institut de recherche sur les feuillus nordiques) pour sa collaboration au projet, à M. André Cyr (Université de Moncton) pour la classification de la vigueur et de la forme des arbres échantillons selon le système du Nouveau-Brunswick, à M. Gérald Landry (DAEF) pour le classement des arbres échantillons au Nouveau-Brunswick selon le système de priorité de récolte MSCR, à MM. Jocelyn Hamel et Jean-François Leblond (DRF) pour le mesurage et la vérification du classement des tiges en Outaouais, à M. François Nibert (BMMB) pour son aide lors de la simulation de tronçonnage, et à Mme Caroline Bouillon et M. Yannick Théberge (Service administratif – Bureau régional 01) pour la gestion des contrats.

7. Bibliographie

- [BMMB] Bureau de mise en marché des bois, 2015. *Modèle d'évaluation de rentabilité des investissements sylvicoles (MÉRIS)*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Bureau de mise en marché des bois, Direction des évaluations économiques et opérations financières. [<https://bmmb.gouv.qc.ca/analyses-economiques/outils-d-analyse/>]
- Boulet, B., 2007. *Défauts et indices de la carie des arbres : Guide d'interprétation*. 2^e édition. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Les Publications du Québec. Québec, QC. 340 p.
- Majcen, Z., Y. Richard, M. Ménard et Y. Grenier, 1990. *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquienues. Guide technique*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 96, 2^e tirage. 114 p.
[<http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Divers/Memoire96.pdf>]
- Mc Donald, J., 2015. *Rendement en volume et en valeur des produits issus du tronçonnage de tiges feuillues*. Rapport interne. FPIInnovations – Laboratoire de Québec. Québec, QC. 43 p.
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2014a. *Classification des tiges d'essences feuillues. Normes techniques, 2^e édition*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. 110 p.
[<https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/classif-tiges-essence-feuillues-6.pdf>]
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2014b. *Manuel de mesurage des bois récoltés sur les terres du domaine de l'État : Volet méthodes et instructions techniques – Exercice 2014-2015*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Bureau de mise en marché des bois, Direction des évaluations économiques et opérations financières. 251 p.
[https://bmmb.gouv.qc.ca/media/21340/manuel_mesurage_methodes_instructions_2014-2015.pdf]
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015. *SaMARE, version Samare2014capsis-setupFinal_avecPetro2015.jar*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière.
[<ftp://ftp.mrn.gouv.qc.ca/Public/Drf/CAPSIS/SaMARE/Version2014/>]

[MRNF] Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2006. *Notions de la bille de bois d'œuvre*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la coordination des opérations régionales. 9 p.

ftp://ftp.mern.gouv.qc.ca/Public/Reg07/Instructions_relatives/Guides_formulaires_pr%20cisions_et_documents_r%20gional/Autres/notions-bille.pdf

[NHLA] National Hardwood Lumber Association, 2011. *Rules for the measurement and inspection of hardwood and cypress lumber plus NHLA sales code and inspection regulations v.1.1*. National Hardwood Lumber Association. Memphis, TN (États-Unis). 104 p.

Pelletier, G., D. Landry et M. Girouard, 2013. *Système de classification des tiges du Nouveau-Brunswick. Version 1.3*. Institut de recherche sur les feuillus nordiques. Edmundston, NB. 66 p.

Petro, F.J. et W.W. Calvert, 1976. *La classification des billes de bois francs destinées au sciage*. Gouvernement du Canada, ministère des Pêches et de l'Environnement, Service canadien des forêts, Forintek Canada Corp. Ottawa, ON. Rapport technique For. 6F. 67 p.

Annexes

Annexe 1. Formulaire de prospection des arbres échantillons (Outaouais)

Formulaire de prospection des arbres échantillons

Évaluateurs : Date

Numéro du point GPS	Arbre martelé (O/N)	Essence	DHP	Classe de qualité (MS ou CR)	Remarques
288	O	CHR	57	MS	MEME SOUCHE
289	O	CHR	60,5	MS	MEME SOUCHE
259	N	CHR	57,7	MS	
225	N	CHR	58,3	CR	
291	O	ERR	36,4	MS	
341	O	ERR	36,4	MS	
329	N	ERR	38,7	MS	
353	O	ERR	40,7	MS	
324	O	ERR	40,8	CR	

DHP ≥ 24 cm.

Répartir les diamètres le plus uniformément possible.

Annexe 2. Formulaire de dénombrement des arbres échantillons (Outaouais)

Formulaire de prospection des arbres échantillons – dénombrement

Évaluateurs :

Date :

Essence	Priorités	Classe de DHP (cm)*																							
		24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
CHR	MS																								
	CR																								
HEG	MS																								
	CR																								
ERR	MS																								
	CR																								
BOP	MS																								
	CR																								

Remarque : * Pour faciliter le comptage des arbres et la répartition des essences par DHP.

Annexe 3. Formulaire de prospection et de dénombrement des arbres échantillons (Bas-Saint-Laurent)

DHP (cm)		Classe de qualité		
		M	S	C/R
18-20	1			
18-20	2			
18-20	3			
22	1			
22	2			
24-26	1			
24-26	2			
24-26	3			
28-30	1			
28-30	2			
28-30	3			
32	1			
32	2			
34-36	1			
	2			
	3			
38-40	1			
	2			
	3			
40+	1			
	2			

Annexe 4. Directive opérationnelle pour l'abattage et l'écimage des arbres échantillons au chantier Au Loup (Outaouais)

DIRECTIVE OPÉRATIONNELLE POUR LES ARBRES ÉCHANTILLONS

Chantier AU LOUP

Abatteuse	• Couper l'arbre le plus proche possible du sol. • Contrôler la chute des arbres lors de l'abattage de façon à ce qu'ils ne se brisent pas (on ne veut pas perdre des bouts de l'arbre en forêt). • Ne pas botter (tronçonner) les billes de pied, même s'il y a présence de carie ou d'un défaut majeur. • Grouper les arbres échantillons qui sont identifiés avec de la peinture pour faciliter le repérage.
Débusqueuse	• Débusquer les arbres échantillons (arbres avec peinture rose fluo) ensemble. • Mettre les arbres échantillons dans une pile de bois à part.
Écimeur	• Ébrancher le tronc principal sur toute sa longueur, et écimer à 4 po (10 cm) au fin bout. • Ne pas botter (tronçonner) les arbres échantillons, même s'il y a présence de carie ou d'un défaut majeur. • Aucun tronçonnage sur le chantier de coupe afin d'éviter que les sections d'arbre présentant un potentiel de sciage restent en forêt. • Écimer les grosses fourches et les branches qui présentent un potentiel de sciage défini dans le point suivant. Un représentant du MFFP assistera l'écimeur en tout temps lors de cette opération. • Spécifications minimales d'un tronçon présentant un potentiel de sciage : ○ Longueur minimale de 6 pieds (1,80 m). ○ Diamètre minimal au fin bout : 6 pouces (15 cm). ○ Section droite, sans coude ni courbure.
Ébrancheuse	• Empiler le bois à part une fois écimé. • Garder les bouts du même arbre ensemble.
Chargement et transport	• Transporter ensemble le tronc entier et toutes ses parties. • Éviter que les arbres cassent lors du chargement.

Annexe 5. Directive opérationnelle pour l'abattage et l'écimage des arbres échantillons au chantier Vases (Outaouais)

DIRECTIVE OPÉRATIONNELLE POUR LES ARBRES ÉCHANTILLONS

Chantier VASES

Abatteuse	• Couper l'arbre le plus proche possible du sol. • Contrôler la chute des arbres lors de l'abattage de façon à ce qu'ils ne se brisent pas (on ne veut pas perdre des bouts de l'arbre en forêt). • Ne pas botter (tronçonner) les billes de pied, même s'il y a présence de carie ou d'un défaut majeur. • Grouper les arbres échantillons qui sont identifiés avec de la peinture pour faciliter le repérage.
Écimeur	• Ébrancher le tronc principal sur toute sa longueur, et écimer à 4 po (10 cm) au fin bout. • Ne pas botter (tronçonner) les arbres échantillons, même s'il y a présence de carie ou d'un défaut majeur. • Aucun tronçonnage sur le chantier de coupe afin d'éviter que les sections d'arbre présentant un potentiel de sciage restent en forêt. • Écimer les grosses fourches et les branches qui présentent un potentiel de sciage défini dans le point suivant. Un représentant du MFFP assistera l'écimeur en tout temps lors de cette opération. • Spécifications minimales d'un tronçon présentant un potentiel de sciage : ○ Longueur minimale de 6 pieds (1,80 m) ○ Diamètre minimal au fin bout (top) : 6 pouces (15 cm) ○ Section droite, sans coude ni courbure
Débusqueuse	• Débusquer les troncs (arbres avec peinture rose fluo) ensemble. • Mettre les troncs dans une pile de bois à part.
Chargement et transport	• Transporter ensemble le tronc entier et toutes ses parties. • Éviter que les arbres cassent lors du chargement.

Annexe 6. Formulaire de suivi des arbres échantillons – bord de chemin (Outaouais)

Formulaire de suivi des arbres échantillons – Bord de chemin

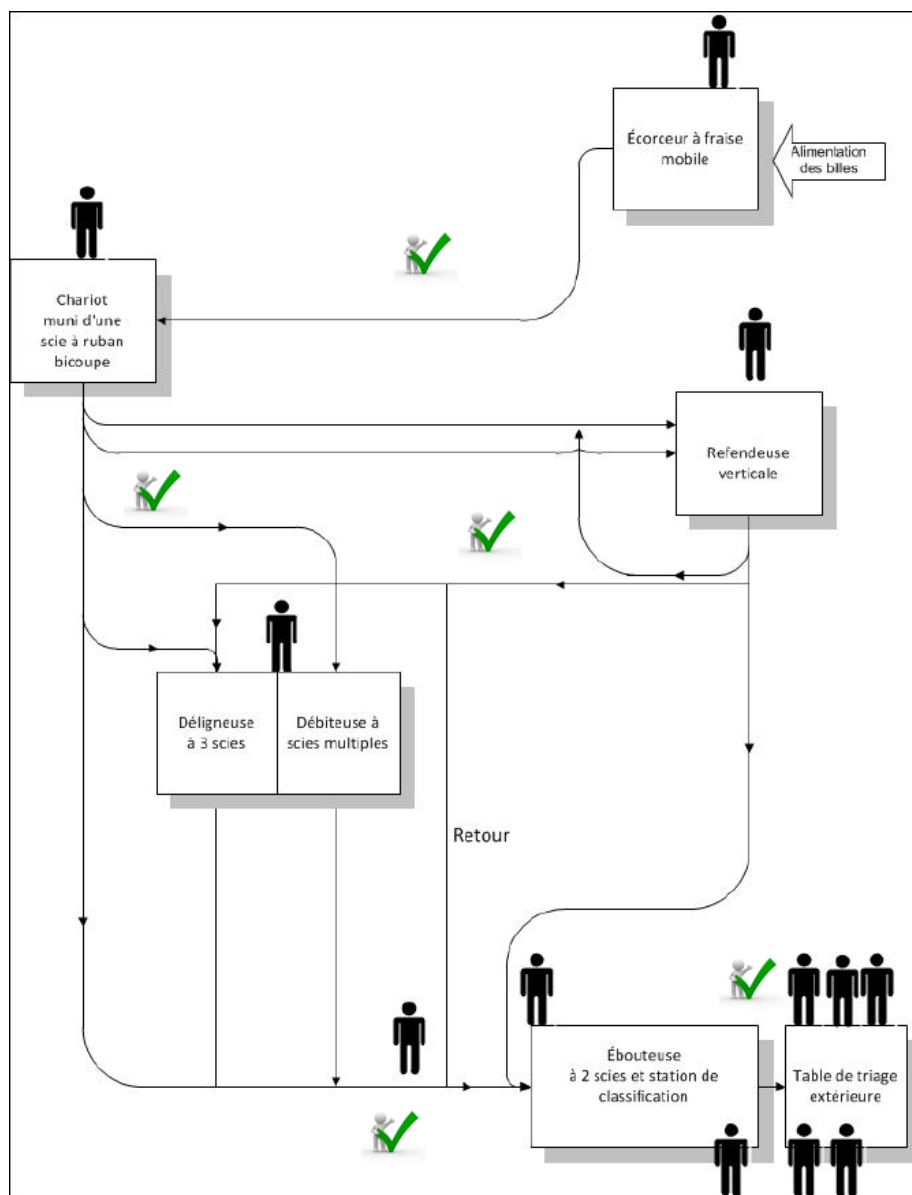
Évaluateur :

Date :

N° tige	Essences	Identifiant	Tronc	Fourche	Branche	Longueur (m)	Remarque
1	CHR	1	X			15	
2	ERR	2	X			8,1	
		2-A		X		9,4	
		2-B			X	6,3	
3	ERR	3	X			15,5	
4	ERR	4	X			14,4	
5	HEG	5	X			18	
6	HEG	6 + 6A	X	X		6,7 + 11,3	18
		6B		X		15,7	
		6C			X	8,3	

Note : Longueur minimale : 6 pieds (1,8 m); diamètre minimal : 6 pouces (15 cm)

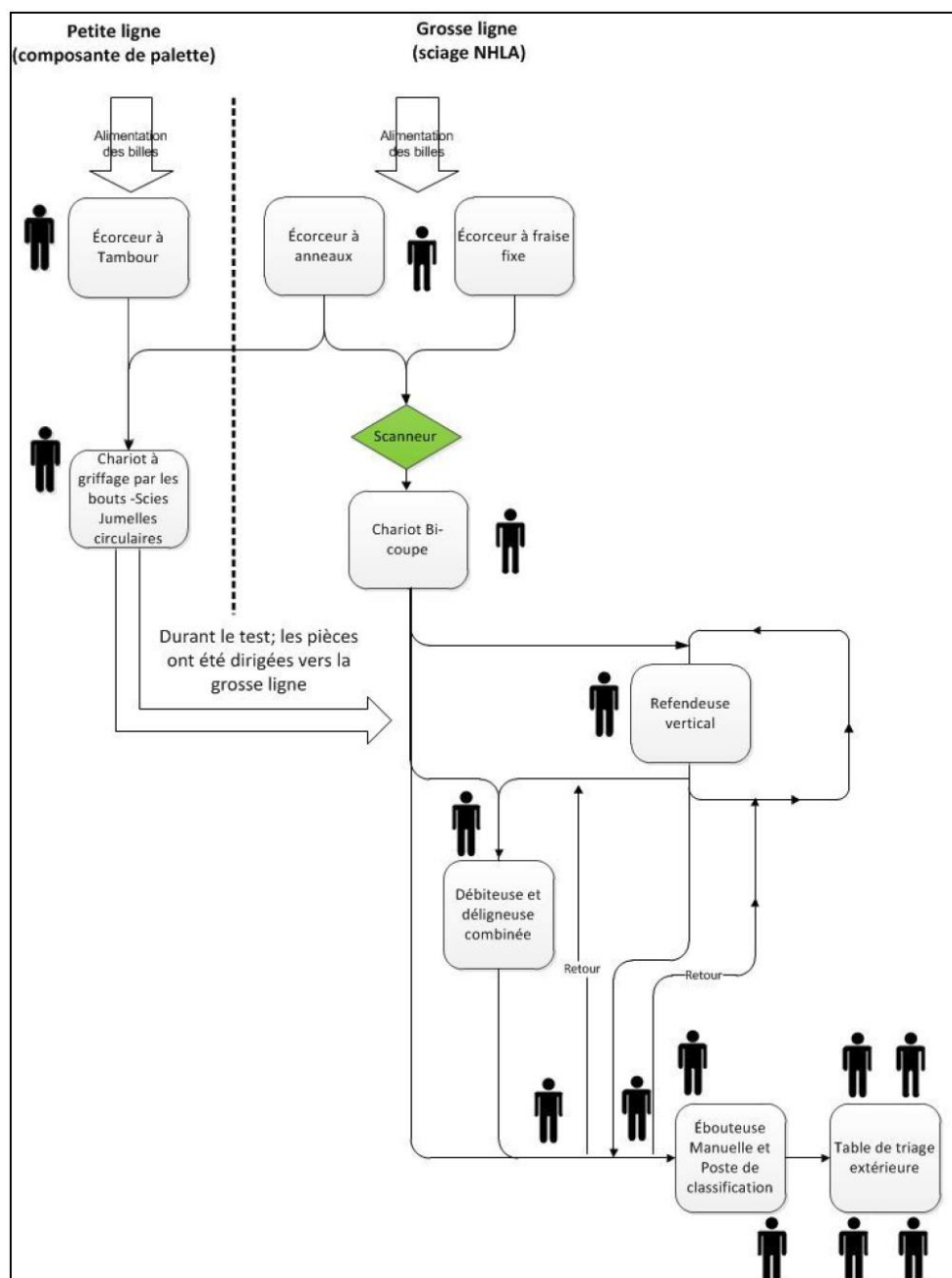
Annexe 7. Schéma de l'usine de Forespect avec les emplacements des équipes de suivi des billes et planches (Outaouais)



Emplacement des équipes MFFP et de FPInnotations.

Source : Schéma provenant du rapport de FPInnovations (Mc Donald 2015).

Annexe 8. Schéma de l'usine de Bégin & Bégin avec les emplacements des équipes de suivis des billes et des planches (Bas-Saint-Laurent)



Source : Schéma provenant du rapport de FPInnovations (Mc Donald 2015).