

Contenu

Introduction.....	1
Méthodologie.....	2
Résultats	6
Mise en application ..	10
Remerciements.....	11
Références	11
Annexe 1	12

Auteurs

Vincent Roy
et
Philippe Meek

Région de l'Est

Coût de première intervention en coupe progressive appliquée avec la méthode 1-2-3

Résumé

Le système de coupe progressive 1-2-3 mis au point par FPInnovations, division Feric est de plus en plus utilisé dans le cadre des nouveaux développements de l'aménagement écosystémique dans l'est du Canada. Feric a évalué les coûts directs de récolte pour une première intervention d'un système de coupe progressive réalisée grâce à la méthode 1-2-3, aussi appelée coupe progressive avec sélection rapprochée. Les résultats des opérations de coupe partielle ont été comparés à ceux d'interventions effectuées au moyen de la coupe avec protection de la régénération et des sols (CPRS). Les coûts de récolte générés par cette méthode peuvent atteindre jusqu'à 1,87 \$/m³ de plus qu'avec le traitement par CPRS. Par contre, l'augmentation du volume moyen par tige récoltée, induite par le choix de tige, atténue cet impact.

Mots clés :

Productivité, Coûts de récolte, Coupe progressive, Abatteuses-façonneuses, Bois tronçonnés, Arbres entiers.

Introduction

La récolte dans les forêts résineuses de l'est du Canada s'effectue depuis longtemps par coupe totale (CPRS ou autres).



Figure 1. Exemple d'un peuplement traité en coupe progressive.

L'évolution des objectifs d'aménagement au cours de la dernière décennie a entraîné le besoin de développer une méthode de coupe partielle adaptée à la forêt résineuse boréale et au parc d'équipement disponible. La coupe progressive en deux interventions appliquant la méthode de sélection 1-2-3 (Meek et Cormier, 2004) est maintenant utilisée à titre de pratique sylvicole adaptée aux enjeux de l'aménagement écosystémique dans les vieilles forêts. La première étape de ce système de coupe progressive vise à établir la régénération (figure 1) et la seconde et ultime étape est une récolte du peuplement résiduel avec protection de la régénération. La coupe progressive a comme objectif principal de permettre

l'établissement de la régénération dans les peuplements qui présentent une déficience à cet égard. La sélection de tiges de grande dimension lors de la première intervention permet de diminuer les coûts de récolte. Par contre, ces derniers sont plus élevés lors de la deuxième entrée étant donné que le bois récolté est de plus faible dimension. Ce système à deux entrées se compare avantageusement aux coûts d'une CPRS avec préparation de terrain et plantation (Meek et Cormier, 2004).

Dans le but d'aider ses membres à accroître leur expertise dans la gestion de ce mode de récolte, Feric a préparé une synthèse qui met en évidence les coûts de traitement d'une première intervention de coupe progressive en fonction du volume moyen par tige récoltée. Cette analyse s'appuie sur les résultats d'études d'opérations de récolte par arbres entiers et par bois tronçonnés effectuées lors du développement de la méthode ainsi que lors de sa phase de mise en application entre 2004 et 2008.

Méthodologie

Le même dispositif d'observation par paires comparées utilisé pour les études faites au cours de la phase de développement (Meek, 2006; Meek et Cormier, 2004) a été retenu. La paire utilisée comme unité expérimentale de base correspond à l'observation comparative d'un traitement de coupe totale et d'un traitement de coupe progressive, tous deux effectués par le même opérateur et la même machine dans un peuplement de même composition. Les mêmes directives concernant la règle de sélection des tiges à récolter ont été fournies aux opérateurs pour les travaux de coupe partielle. En coupe totale, les opérateurs récoltaient l'ensemble des tiges marchandes (DHP > 9 cm), alors qu'en coupe progressive, ils récoltaient les tiges

du sentier de débardage et devaient ensuite réduire de moitié le volume sur pied dans les zones adjacentes à celui-ci. En plus des huit paires d'observations échantillonnées avant 2008, Feric a étudié cinq chantiers au Québec en 2008, produisant ainsi 10 paires d'observations additionnelles, pour un total de 18 paires disponibles pour l'analyse (voir annexe 1). Quatre de ces chantiers utilisaient le système de récolte par bois tronçonnés, soit les chantiers de Boisaco sur la Haute-Côte-Nord, de Tembec à La Sarre, de Produits forestiers Saguenay au Saguenay et dans Charlevoix. Le cinquième, d'AbitibiBowater en Mauricie, utilisait un procédé de récolte par arbres entiers. Les collaborateurs avaient acquis suffisamment d'expérience avec la méthode de coupe progressive pour que les résultats d'étude soient valables. Les modalités du traitement de coupe progressive sont décrites dans l'encadré 1 ci-après.

Étude comparative CPRS et coupe progressive

Des études détaillées de temps et de mouvement, combinées au mesurage d'un échantillon des billes produites, ont été réalisées pour estimer la productivité des abatteuses. L'observation des abatteuses durait de quatre à six heures machine productive (HMP) pour chaque unité. Pour la phase de débardage, les estimations de productivité reposaient sur l'évaluation du rendement d'environ 10 cycles de porteur pour le système de bois courts et de 10 à 20 cycles de débardeur à grappin pour le système d'arbres entiers. Les équations de productivité du logiciel Interface de Feric ont été utilisées pour estimer la productivité de la phase d'ébranchage. Les coûts directs de production de chaque étape de la récolte ont été calculés en divisant le coût horaire typique de chaque machine par la productivité observée.

Les caractéristiques des peuplements ont été mesurées par inventaires dendrométriques appuyés sur des parcelles-échantillons temporaires à rayon variable. Deux approches ont été employées pour décrire l'effet du traitement de coupe progressive sur le peuplement résiduel. La première reposait sur des parcelles-échantillons temporaires à rayon variable implantées dans la forêt traitée, alors que la seconde comptait sur un réseau de parcelles temporaires rectan-

gulaires de 100 m² (5 m x 20 m) à forte densité qui était établi dans la zone de prélèvement partiel de chaque côté des sentiers. La figure 3 de l'encadré 2 montre la procédure d'implantation de ces parcelles. Ces dernières donnent un aperçu de la qualité du traitement et permettent de superviser le travail des équipes de récolte.

Le tableau 1 présente les caractéristiques moyennes des traitements pour les 18 observations de coupe progressive.

Tableau 1. Caractéristiques moyennes des 18 traitements de coupe progressive étudiés

	Moyenne
Sentiers de débardage	
Largeur moyenne (m)	5,1
Espacement moyen entre les sentiers (m)	20,6
Surface occupée par les sentiers %	25
Volume sur pied	
Avant (m ³ /ha)	157
Après (m ³ /ha)	78
% prélèvement	50
Volume récolté (m ³ /ha)	79
Volume moyen par tige	
Avant (m ³ /tige)	0,168
Après (m ³ /tige)	0,134
Variation (%)	(20)
Récolté (m ³ /tige)	0,193

Résumé de l'implantation de la coupe progressive avec la méthode 1-2-3

Objectifs : Établissement de la régénération d'essences désirées et prélèvement d'environ de 50 % du volume.

Peuplements cibles : Peuplements résineux et mélangés (à dominance résineuse) matures présentant une vigueur de bonne à moyenne.

Intervention : Une bande de 5 m est prélevée à 100 % et sert de sentier de débardage. La technique des portes (tiges résiduelles en bordure des sentiers) peut être utilisée pour refermer les sentiers (figure 2). Elle vise à maintenir la largeur de ceux-ci à 5 m pour assurer un ombrage partiel et pour éviter un excès de blessures.

Règle de coupe : De chaque côté du sentier, la règle de coupe est appliquée sur une zone de 5 m. Il faut compter trois arbres marchands, puis récolter le plus volumineux des trois tout en distribuant uniformément le prélèvement. La règle de coupe peut être ajustée selon certains paramètres (essences, valeur, qualité, etc.). Si aucune tige ne mesure plus de 12 cm, aucun prélèvement n'est effectué. Il n'est habituellement pas requis de gérer la vigueur ou les blessures à la première intervention puisque la récolte finale est faite rapidement (< 15 ans).

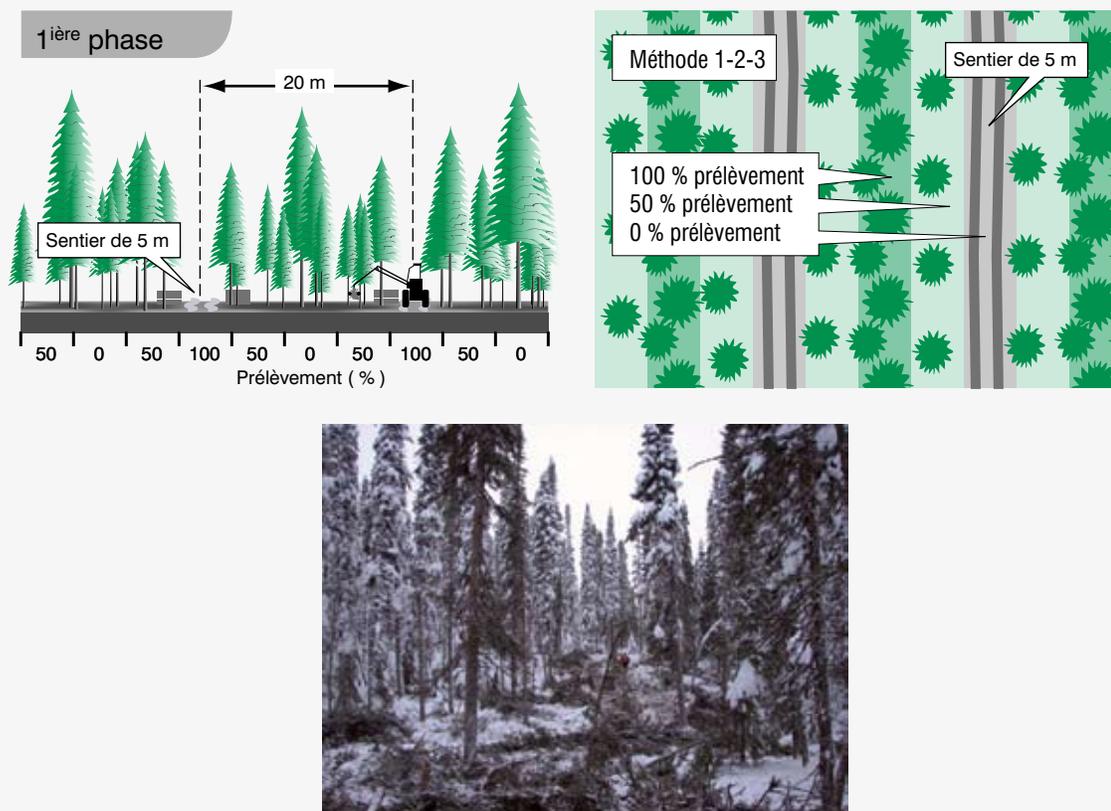


Figure 2. Exemple de sentiers et d'une porte pour la coupe progressive 1-2-3.

Parcelles-échantillons de contrôle du travail

Ce système de contrôle peu coûteux vise à permettre une rétroaction rapide des évaluations de la qualité.

- Disposer systématiquement les parcelles de suivi rectangulaires de 100 m² pour décrire la zone d'abattage sélectif après le traitement.
- Mesurer la largeur (a) et l'espacement (b) entre les sentiers.
- Mesurer le DHP ou le DHS des arbres sur pied ainsi que le DHS des tiges récoltées (en fonction des tarifs de cubage disponibles).
- Effectuer une évaluation visuelle de la répartition des souches et des blessures opérationnelles (pour détecter un excès inhabituel).
- Compiler les données recueillies (espacement, largeur et taux de tige récoltée) et s'assurer que le travail soit conforme pour chacune des parcelles.
- Une description sommaire du peuplement avant et après le traitement peut être établie à partir des résultats obtenus dans ces parcelles implantées après traitement.

Ces critères et indicateurs peuvent être utilisés localement de manière informelle pour assurer une rétroaction rapide. Il suffit d'estimer visuellement les critères relatifs aux directives données aux opérateurs.

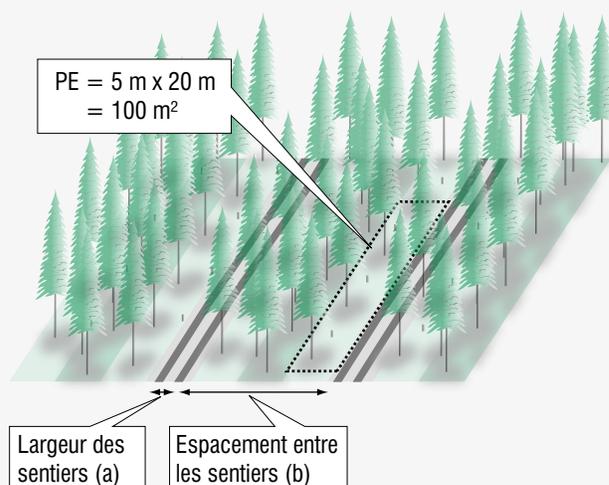


Figure 3. Implantation de la parcelle de contrôle.

Résultats

Abattage-façonnage et abattage-groupage

À la suite des 18 paires d'observations, il a été établi que les principaux facteurs qui affectaient le travail des abatteuses-façonneuses en coupe progressive étaient l'augmentation des temps de déplacement ainsi que la manutention des bois autour des arbres résiduels à protéger. Pour les abatteuses-groupeuses, les temps de déplacement et la durée requise pour grouper les tiges récoltées et pour protéger des tiges résiduelles n'étaient pas clairement différents en coupe partielle et en coupe totale. L'échantillonnage se fractionnait donc pour les abatteuses-façonneuses et les abatteuses-groupeuses. Par contre, l'analyse des coûts en fonction du volume moyen par tige récoltée a permis d'établir que deux relations distinctes existaient pour les deux traitements, indépendamment du système de récolte utilisé. Ce constat a guidé le reste de l'analyse et l'information a été intégrée à l'analyse des coûts directs de récolte.

Débardage

Bois tronçonnés

Lors du débardage dans les traitements de coupe progressive, l'opérateur du porteur doit être plus vigilant pour limiter les blessures aux tiges résiduelles causées par l'encombrement. En général, la productivité des porteurs de bois courts a diminué 5 à 20 % en coupe partielle. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette réduction :

- Les empilements de bois étaient plus distants et de volume moindre. Les prises de grappin contenaient moins

de billes en moyenne qu'en CPRS. Les temps de chargement étaient donc relativement plus longs.

- Les déplacements à vide étaient plus lents dans les sentiers exigus (diminution de la vitesse).
- Les déplacements pendant le chargement étaient plus longs puisque le porteur parcourait une plus grande distance avant de terminer le chargement.
- Lors des coupes partielles, les chargements incomplets dans un sentier étaient plus fréquents.

Arbres entiers

Pour le système par arbres entiers, la baisse de productivité des débardeurs variait de 20 à 40 %. Ce résultat était attribuable à la diminution du volume des piles. Fréquemment, deux piles devaient être saisies pour constituer une pleine charge, augmentant ainsi la distance à parcourir pour le débardeur en plus d'accroître les temps de manœuvre et de chargement. Bien qu'il soit possible d'atténuer cet effet en maximisant la taille des empilements lors de la phase d'abattage-groupage, ceci comporte également un coût en perte de productivité d'abatteuse.

Coûts directs de récolte

En coupe progressive, la consigne était de compter trois tiges adjacentes et de couper la plus grosse d'entre elles. Par conséquent, le volume moyen par tige récoltée augmentait comparativement à celui qui aurait été obtenu en coupe totale. La figure 4 montre l'effet de cette directive. Pour les 18 chantiers, la relation calculée entre le volume moyen sur pied et le volume moyen récolté indique que l'augmentation variait de 11 à 19 %. Cette

consigne a donc eu un impact direct sur les coûts de récolte puisque le volume moyen par tige est la variable qui affecte le plus la productivité des équipements d'abattage.

On peut supposer que ce phénomène se répètera dans les situations où les forêts traitées seront similaires à celles présentées dans ce rapport.

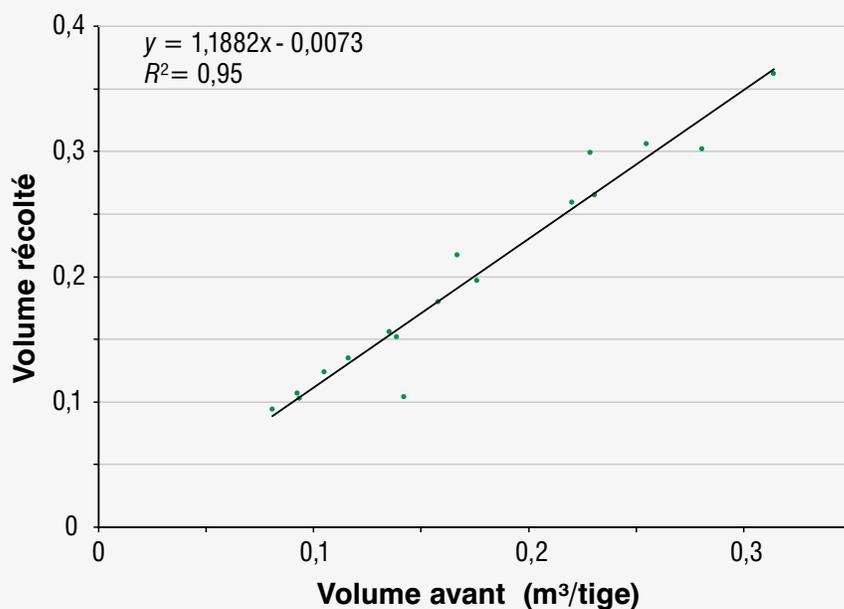


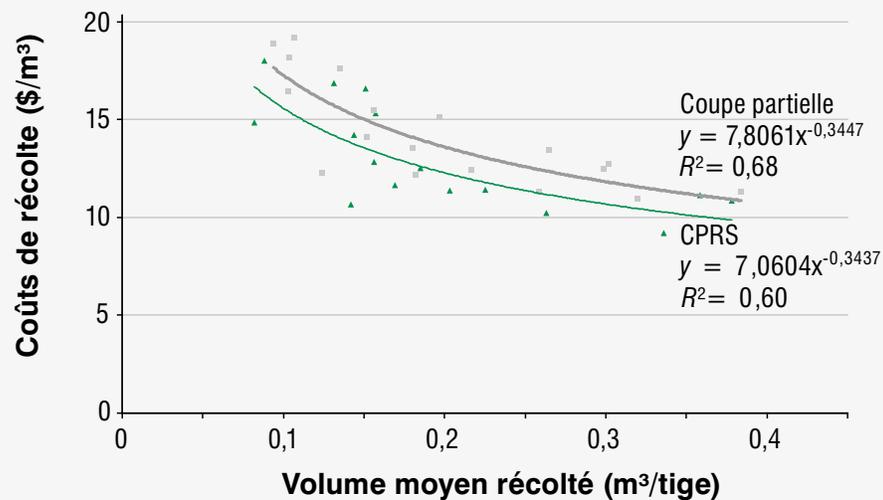
Figure 4. Relation entre le volume moyen des tiges marchandes sur pied avant traitement et le volume moyen par tige récoltée. (Vr = 1,1882 * Va - 0,0073, R2 = 0,95)

La figure 5 présente les coûts de récolte en bordure de route en fonction du volume moyen par tige récoltée. Les frais directs et autres frais indirects estimés à 10 % sont compris dans les calculs. Les 18 paires d'observations ont été analysées par régression linéaire pour produire deux courbes de coûts. Ces courbes sont significativement distinctes d'un point de vue statistique. Pour une tige de même volume moyen, l'écart de coûts entre la CPRS et ceux de la coupe progressive variait de 1,07 à 1,87 \$/m³. Cependant, dans quelques chantiers observés, les

coûts de récolte en coupe progressive se sont avérés inférieurs à ceux obtenus en CPRS parce que l'effet positif du volume moyen récolté était plus grand que l'effet négatif du travail en coupe partielle. Il est plausible que dans certains types de forêts, l'augmentation du volume moyen par tige récoltée soit très importante à cause d'une présence abondante de tiges de grande dimension.

Pour bien estimer le coût des opérations de récolte en coupe progressive avec la méthode 1-2-3, il faut prendre en considération l'effet de l'augmentation

Figure 5. Coûts de récolte en bordure de route pour la coupe progressive et la CPRS. (Ccp = 7,8061 * Vr^{-0,3447}, R2 = 0,68, Ccprs = 7,0604 * Vr^{-0,3437}, R2 = 0,60).



du volume par tige récoltée à la première intervention. Le tableau 2A montre les coûts directs de récolte pour un système par bois tronçonnés (BT) où le même peuplement serait traité soit par CPRS, soit par coupe progressive. L'effet du plus grand volume moyen par tige récoltée (figure 4) en coupe progressive permet

d'atténuer l'écart entre les coûts d'abatage. Cependant, l'augmentation des coûts de la phase de débardage entraîne une hausse des coûts totaux de récolte du traitement de l'ordre de 6 %, soit de 0,95 \$/m³.

Le tableau 2B montre les coûts directs de récolte pour un système par arbre

Tableau 2A. Coûts typiques d'une implantation en coupe progressive (Cprog) pour le système par BT

	CPRS	Cprog
Volume moyen par tige avant coupe	0,115	0,115
Volume moyen par tige récoltée	0,115	0,129
Coût d'abatage-façonnage (162 \$/HMP) ^a	9,59	9,43
Coût de débardage (145 \$/HMP) ^a	5,26	6,37
Coût de récolte	14,85	15,80
Différence (\$/m ³)	-	0,95
Coût relatif (%)	100	106

^a Taux horaire générique des machines observées.

Tableau 2B. Coûts typiques d'une implantation en coupe progressive pour le système par AE

	CPRS	Cprog
Volume moyen par tige avant coupe	0,115	0,115
Volume moyen par tige récoltée	0,115	0,129
Coût d'abatage (181 \$/HMP) ^a	4,95	4,17
Coût de débardage (150 \$/HMP) ^a	3,76	5,68
Coût d'ébranchage (145 \$/HMP) ^a	6,24	5,95
Coût de récolte	14,85	15,80
Différence (\$/m ³)	-	0,95
Coût relatif (%)	100	106

^a Taux horaire générique des machines observées.

entier (AE), avec les mêmes hypothèses que pour le système par BT. Pour un volume moyen par tige de 0,115 m³/tige, un volume de 0,129 m³/tige a été récolté en coupe progressive. Les coûts d'abattage-groupe ainsi que les coûts d'ébranchage sont réduits, étant donné que le volume moyen par tige est la variable qui influence directement la productivité lors de ces étapes. Toutefois, malgré cette réduction, une hausse des frais de débardage entraîne une augmentation du coût total de récolte de l'ordre de 6 %, soit de 0,95 \$/m³. Selon la figure 5, une augmentation du volume moyen récolté entraîne une baisse de la différence entre les deux traitements. Par contre, on rappelle que lors de la deuxième intervention, la récolte de volume de plus faible dimension entraînait une augmentation des coûts de la récolte (Meek et Cormier, 2004).

Mise en application

L'implantation de la méthode de coupe progressive 1-2-3 est relativement simple, mais il faut un encadrement particulier lors du démarrage de nouveaux chantiers. Il peut être avantageux de spécialiser certaines équipes de travail afin d'augmenter rapidement le niveau d'expérience des opérateurs et de faciliter l'exécution des différentes étapes.

Lors de l'implantation de cette méthode, le rubannage des sentiers permet de guider les opérateurs et de s'assurer du déploiement uniforme du réseau de sentiers. Cette opération est cependant très coûteuse. L'utilisation d'un système GPS de navigation est une solution moins coûteuse.

Les systèmes par bois tronçonnés et par arbres entiers peuvent être utilisés pour la réalisation de la coupe progressive. Cependant, pour les équipements de plus grande dimension, une attention particulière doit être portée lors du suivi de la qualité. La pratique de la méthode des « portes » est fortement recommandée (Meek 2006). Des machines avec un minimum de surplomb latéral facilitent le respect des objectifs en termes de largeur visée de sentiers.

Les résultats présentés peuvent aider le gestionnaire à comparer le rendement de ses opérations ou à prévoir leur coût dans de nouvelles conditions d'opérations. Bien sûr, les résultats obtenus dans des conditions spécifiques de peuplement peuvent différer de celles rapportées dans le présent rapport.

La structure de la forêt à traiter a un impact sur les coûts de traitement à cause de l'augmentation du volume moyen par tige qui sera observée. En ayant accès aux caractéristiques dendrométriques de ses peuplements à traiter, le gestionnaire pourra prévoir l'ampleur de cette augmentation, par exemple en se référant à la figure 4.

La règle de coupe qui consiste à compter trois tiges et récolter la plus grosse est une méthode simple à implanter pour les opérateurs de machine. Elle peut être adaptée pour rencontrer des objectifs particuliers liés à la vigueur des tiges ou aux essences désirées. Par contre, il faut être prudent de ne pas trop complexifier les règles de coupe, car les coûts pourraient être nettement plus élevés que ceux exposés dans le présent rapport.

Remerciements

Nous tenons à remercier les entrepreneurs et le personnel des compagnies qui ont collaboré au déploiement opérationnel. Nous tenons également à souligner la contribution financière du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNFQ). La production de ce rapport a été financée en partie par Ressources naturelles Canada grâce à leur contribution dans le cadre de l'entente RNCan/FPIinnovations – Feric.

Références

- Meek, P; Cormier, D. 2004. Études de premières interventions d'un système de coupes progressives. Inst. can.rech.génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. *Avantage* 5 (43). 10p.
- Meek, P. 2006. Essais de différents agencements de sentiers adaptés à la coupe progressive. Inst. can.rech.génie for. (FERIC), Pointe-Claire, Qué. *Avantage* 7 (8). 8p.

Annexe 1

Description des cinq nouveaux chantiers de coupes progressives étudiés

Collaborateurs	Boisaco			AbitibiBowater charlevoix	PFS		Tembec Lasarre		AbitibiBowater Mauricie	
Procédé de récolte	Bois tronçonné			Bois tronçonné	Bois tronçonné		Bois tronçonné		Arbres entiers	
Équipement d'abattage	Tigercat 845			Timbco 415 B	Tigercat 860C		Tigercat 855C		Tigercat 822	
Équipement de débardage	Ponsse Buffalo			Valmet 860	Timberjack 1710		s.o.		John Deere 648	
Bloc	B1	B2	B3	B1	B1	B2	B1	B2	B1	B2
Largeur des sentiers	4,7	4,7	4,8	4,3	5,3	5,1	5,9	6,0	5,8	5,7
Espacement de sentiers	20,8	21,3	18,9	16,9	19,8	19,6	25,9	25,9	23,5	24,0
Volume moyen par tige récolté	0,302	0,299	0,265	0,124	0,094	0,135	0,103	0,18	0,306	0,362
Coût de récolte CPRS (\$/m ³)	12,52 ^a	12,52 ^a	12,52 ^a	10,65	16,86	14,22	9,19	10,21	11,15	10,87
Coût de récolte Cprog (\$/m ³)	12,70	12,45	13,42	12,24	18,89	17,56	16,45	13,49	10,92	11,30

^a La même observation en CPRS a été utilisée pour générer les trois paires chez Boisaco.

FPIinnovations – Feric

Région Est
580, boul. St-Jean
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9

☎ (514) 694-1140
📠 (514) 694-4351
✉ admin@mtl.feric.ca

Région Ouest
2601 East Mall
Vancouver, BC, V6T 1Z4

☎ (604) 228-1555
📠 (604) 228-0999
✉ admin@vcr.feric.ca

Mise en garde

Ce rapport est publié uniquement à titre d'information à l'intention des membres de FPIinnovations, division Feric. Il ne doit pas être considéré comme une approbation par FPIinnovations d'un produit ou d'un service à l'exclusion d'autres qui pourraient être adéquats.

This publication is also available in English.

© Copyright FPIinnovations 2009.

Imprimé au Canada sur du papier recyclé fabriqué par une compagnie membre de FPIinnovations.

Poste-Publications #40008395

ISSN 1493-3713

