

## Contenu

- 1 Introduction
- 2 Objectifs
- 2 Description du site
- 3 Plan de l'étude
- 6 Méthodes d'étude
- 7 Opérations de récolte
- 8 Résultats et discussion
- 16 Conclusions
- 16 Mise en application
- 18 Références
- 18 Remerciements

# Récolte forestière s'inspirant des perturbations naturelles : coûts et productivité du projet EMEND

## Résumé

L'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) a participé au projet multidisciplinaire de recherche sur un aménagement des écosystèmes s'inspirant des perturbations naturelles (Ecosystem Management by Emulating Natural Disturbance, ou EMEND). Le rôle de FERIC consistait à effectuer une étude de coût et de productivité dans le volet « traitement de récolte », lequel comprenait quatre types de peuplements et six niveaux de retenue. Le rapport décrit les opérations de récolte; présente les productivités et les coûts pour les phases d'abattage, de débardage et de façonnage; et discute des facteurs affectant les activités de récolte.

## Mots clés

Écologie des feux, Perturbations naturelles, Récolte forestière, Forêts boréales, Débardeur, Abatteuse-groupeuse, Forêt mixte, Productivité, Coûts.

## Auteur

Eric Phillips,  
Division de l'Ouest

Traduit de l'anglais par  
Thérèse Sicard, ing.f.

## Introduction

La forêt boréale est la forêt au monde la plus étendue et l'écosystème terrestre le plus important, couvrant environ 10 % de la surface de la terre. Elle s'étend depuis la limite de la végétation arborée au nord jusqu'aux peuplements de tremble/zones de prairie au sud, et représente plus de 60 % des forêts du Canada et de l'Alaska. La majorité de ces forêts ont un couvert fermé et la température annuelle moyenne y varie de  $-2,7^{\circ}$  à  $+4,8^{\circ}$  C. Sans perturbation, la succession de la végétation passe d'essences de lumière à croissance rapide telles que le pin lodgepole et le peuplier faux-tremble, à des essences d'ombre à croissance lente comme l'épinette blanche et le sapin baumier. Dans ces forêts, la perturbation dominante à court terme est le feu qui revient à intervalles de 50 à 150 ans (Johnson et al., 1995). Il s'agit le plus fréquemment de petits incendies, mais de grands feux épisodiques couvrant plus de 1000 ha sont à l'origine de plus de 95 % de

la superficie brûlée au cours des 30 dernières années.

Dans certaines régions, la récolte forestière a remplacé le feu comme principal agent de renouvellement de la forêt. Selon les plans actuels de récolte et d'aménagement, ce changement prendra encore plus d'ampleur dans les grands territoires forestiers attribués. Il existe un vif débat à savoir dans quelle mesure la récolte forestière imite le feu comme processus de renouvellement des forêts. Plusieurs attributs des vieilles forêts, particulièrement de caractère structural, ne se retrouvent pas dans les forêts plus jeunes dont la gestion vise uniquement la production de fibre (Johnson et al., 1995). Cependant, on pense généralement que des plans d'aménagement basés sur les modèles de perturbation naturelle sont moins susceptibles de mener à une perte de biodiversité (Buse et Perera, 2002; Bergeron et Harvey, 1998; Bergeron et al., 1998).

Le projet EMEND (Ecosystem Management by Emulating Natural Disturbance) est une étude multidisciplinaire réalisée dans le nord de l'Alberta et conçue pour identifier une série de pratiques de récolte et de régénération socialement acceptables, retenant des niveaux variables de structure résiduelle du peuplement. L'objectif à long terme du projet global est de rechercher des solutions pour maintenir au mieux les communautés biotiques, les modèles spatiaux et l'intégrité fonctionnelle de l'écosystème qui caractérisent les paysages de la forêt boréale mixte (figure 1) tirant leur origine d'incendies et autres perturbations naturelles. Les solutions doivent également assurer qu'une foresterie économiquement viable soit maintenue sur le territoire de la forêt mixte nordique (Armstrong et al, 1999).

L'étude EMEND comprend plusieurs volets de recherche. FERIC a effectué une étude de coût et de productivité dans le

secteur « traitement de récolte ». On peut trouver l'information concernant l'étude dans son ensemble, les autres domaines de recherche et les partenaires du projet EMEND sur le site Web du projet à [www.biology.ualberta.ca/emend/index.htm](http://www.biology.ualberta.ca/emend/index.htm).

## Objectifs

Les objectifs de l'étude de FERIC, dans le cadre du projet global EMEND, étaient les suivants :

- Documenter la logistique de récolte pour chacun des types de traitements.
- Calculer la productivité et les coûts de récolte par phase – abattage, débardage et façonnage en bordure de route.
- Décrire les facteurs affectant les activités de récolte.

## Description du site

L'aire d'étude était située entre les latitudes 56 et 60 °N et entre les longitudes 114 et 120 °O. Elle était comprise dans le bassin versant des rivières Peace, Hay et Slave. DMI et Canfor ont des ententes d'aménagement forestier et des quotas de résineux qui se chevauchent pour la région, et ont consenti à gérer conjointement leurs tenures. Le site EMEND se trouvait dans les hautes terres de Clear Hills à une élévation entre 677 et 880 m. Le terrain variait de plat à ondulé, certains blocs comprenant des sections de 20 % de

Figure 1. Forêt boréale mixte.



### Note :

EMEND est une étude coopérative de recherche à laquelle participent plusieurs entreprises forestières, universités, agences gouvernementales et organismes de recherche. En date d'août 2004, les partenaires du projet EMEND étaient : Alberta Research Council (ARC), Alberta Sustainable Resource Development, Canadian Forest Products Ltd. (Canfor), le Service canadien des forêts (SCF), le Service canadien de la faune, Daishowa-Marubeni International Ltd. (DMI), FERIC, Forest Resource Improvement Association of Alberta (FRIAA), Forintek Canada Corp., l'Université Laval, Manning Diversified Forest Products Ltd., l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers (Paprican), le Réseau de gestion durable des forêts, l'Université d'Alberta (U of A), l'Université de Colombie-Britannique, l'Université de Calgary, l'Université de Lethbridge, l'Université du Minnesota et Weyerhaeuser Company Limited.

## Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC)

Division de l'Est et Siège social  
580 boul. St-Jean  
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9

☎ (514) 694-1140  
☎ (514) 694-4351  
✉ [admin@mtl.feric.ca](mailto:admin@mtl.feric.ca)

Division de l'Ouest  
2601 East Mall  
Vancouver, BC, V6T 1Z4

☎ (604) 228-1555  
☎ (604) 228-0999  
✉ [admin@vcr.feric.ca](mailto:admin@vcr.feric.ca)

### Mise en garde

**Avantage** est publié uniquement à titre d'information pour les membres et les partenaires de FERIC. Il ne doit pas être interprété comme une approbation par FERIC d'un produit ou d'un service à l'exclusion d'autres qui peuvent être adéquats.

This publication is also available in English.

© Copyright FERIC 2004. Imprimé au Canada sur du papier recyclé.



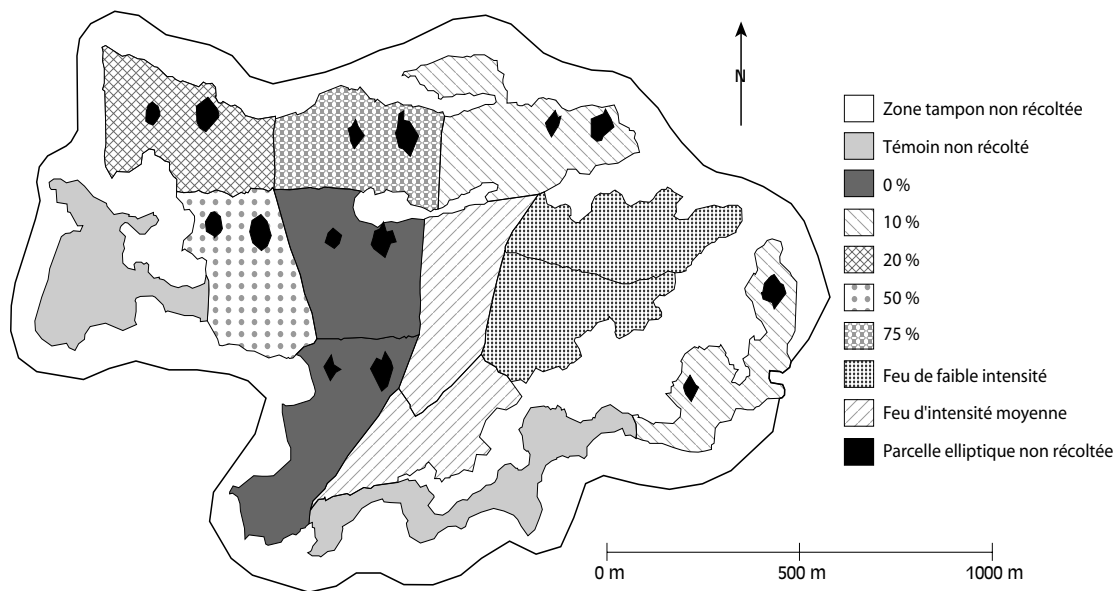


Figure 2. Exemple de la disposition des blocs.

penne. La plupart des blocs étaient de forme irrégulière de façon à contenir approximativement 10 ha d'un seul type de peuplement (figure 2). Les contours des blocs étaient souvent déterminés par des tourbières et d'autres caractéristiques de terrain, ou par un changement d'essences. Les peuplements étaient âgés de 80 à 140 ans.

Les essences ligneuses dominantes sur le site EMEND étaient le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), le peuplier baumier (*Populus balsamifera*) et l'épinette blanche (*Picea glauca*). Dans certains peuplements, l'épinette noire (*Picea mariana*), le sapin baumier (*Abies balsamea*), le pin lodgepole (*Pinus contorta* var. *latifolia*) et le bouleau à papier (*Betula papyrifera* var. *papyrifera*) étaient aussi présents.

### Plan de l'étude

La planification du projet EMEND s'est déroulée de 1996 à 1998. Le plan adopté comprenait quatre types de peuplements (figures 3 à 6) :

- peuplement à dominance feuillue (*Ddom*) :  $\geq 70\%$  tremble et peuplier baumier,  $\geq 70$  ans
- peuplement à dominance feuillue avec sous-étage (*DdomU*) :  $\geq 70\%$  étage dominant feuillu,  $\geq 70$  ans avec un sous-étage identifié d'épinette blanche ayant



Figure 3. Peuplement à dominance feuillue (*Ddom*).



Figure 4. Peuplement à dominance feuillue avec sous-étage (*DdomU*).



Figure 5. Peuplement mixte (*Mixed*).

Figure 6.  
Peuplement à  
dominance  
résineuse (*Cdom*).



au moins 50 % de la hauteur de l'étage dominant

- forêts mixtes (*Mixed*) : 40 à 60 % de résineux et de feuillus, à dominance soit feuillue, soit résineuse
- peuplement à dominance résineuse (*Cdom*) :  $\geq 70$  % d'épinette,  $\geq 90$  ans

Le peuplement couvrirait aussi six niveaux de retenue depuis la coupe à blanc jusqu'à aucune coupe, en blocs de 9-10 ha de superficie (tableau 1). Un schéma du plan d'un bloc d'étude apparaît à la figure 7. Les deux parcelles elliptiques laissées intactes (60 × 90 m, ou 0,54 ha; et 40 × 60 m, ou 0,24 ha) étaient des éléments de design de chacun des blocs de récolte, même dans les cas de coupe à blanc. Des observations avant-traitement ont été prises en 1997 et 1998 et la récolte a eu lieu durant l'hiver 1998-99.

La récolte a produit comme résultat cinq niveaux de retenue – 0 à 2 % (coupe à blanc normale), 10 %, 20 %, 50 % et 75 % dans chacun des quatre types de peuplements. Trois répliques ont donné un total de 60 blocs de traitement de 8-10 ha de superficie. Les

**Tableau 1. Description des traitements**

Retenue	Traitement de récolte	Description
0 %	récolte traditionnelle avec parcelles non récoltées; débardage au choix de l'opérateur	coupe à blanc avec réserves – 2 % arbres debout dispersés et deux parcelles elliptiques non récoltées
10 %	récolte de corridors de débardage de 5 m de largeur coupés à blanc, puis récolte de 7 des arbres dispersés sur 8	coupe partielle avec 10 % d'arbres debout dispersés et deux parcelles non récoltées, résultant en une retenue d'approximativement 15 % pour tout le bloc
20 %	récolte de corridors de débardage de 5 m de largeur coupés à blanc, puis récolte de 3 des arbres dispersés sur 4	coupe partielle avec 20 % d'arbres debout dispersés et deux parcelles non récoltées, résultant en une retenue d'approximativement 23 % pour tout le bloc
50 %	récolte de corridors de débardage de 5 m de largeur coupés à blanc, puis récolte de 1 des arbres dispersés sur 3	coupe partielle avec 50 % d'arbres debout dispersés et deux parcelles non récoltées, résultant en une retenue d'approximativement 49 % pour tout le bloc
75 %	récolte de corridors de machines coupés à blanc seulement	coupe partielle avec bandes coupées à blanc, résultant en une retenue de 70-75 % pour tout le bloc
100 %	pas de récolte	témoin pour les traitements de récolte
feu de faible intensité	pas de récolte	feu incomplet du peuplement sur pied causant la mort de peu d'arbres
feu d'intensité moyenne	pas de récolte	feu incomplet du peuplement sur pied causant la mort de quelques arbres
feu de forte intensité	pas de récolte	feu incomplet du peuplement sur pied causant la mort de la plupart des arbres

arbres résiduels dans tous les blocs de traitement récoltés comportaient un mélange de bouquets d'arbres et d'arbres uniformément dispersés (figure 8). Des blocs additionnels n'ont pas été traités (c.-à-d. pas de récolte ni de feu) afin de fournir un témoin à long terme pour quelques-unes des études du projet EMEND. L'étude comprenait également, dans chaque type de peuplement, des blocs incendiés non récoltés avec répliques, lesquels étaient à l'origine destinés à être brûlés à intensité faible, moyenne ou élevée. Les feux, quelle qu'en soit l'intensité, étaient la partie du plan d'étude la plus difficile à réaliser à cause des conditions de sécheresse en profondeur sur un long terme. Des opérations additionnelles de récolte et de débroussaillage ont eu lieu autour de certains des blocs proposés pour être incendiés afin de réduire le risque que le feu ne s'échappe.

Le premier feu compartimenté a eu lieu dans un peuplement à dominance résineuse, en 1999. Ce feu a démontré qu'une variété d'intensités de brûlage pouvait être anticipée à l'intérieur de chaque bloc incendié. Le design pour les feux a par conséquent été modifié afin d'inclure dans l'étude le brûlage des débris. Certains des blocs désignés à l'origine pour être brûlés ont été récoltés jusqu'à 10 % de retenue durant l'hiver 2002 et les déchets de coupe ont été répartis sur le site. Chaque bloc était divisé en moitiés, un côté étant désigné pour le brûlage des débris et l'autre côté comme témoin non brûlé. Neuf feux de débris ont été effectués durant l'automne 2003.

Les blocs de traitement variaient de superficie et de forme afin de rencontrer les exigences du plan de l'étude pour le type de peuplement. Dans le plan idéalisé, cinq jetées occupaient un côté de chaque bloc de traitement avec des lisières non récoltées entre elles, pour réduire l'influence des jetées sur la prévalence des vents. Outre l'aire réservée aux empilements, d'autres espaces libres étaient requis derrière certaines jetées pour le façonnage et le dépôt des débris, et comme dégagement pour la course arrière du

mât d'ébranchage (figure 9). Les contours des blocs, les jetées, les parcelles non récoltées et la ligne centrale des sentiers de débardage étaient marqués dans tous les blocs de traitement. Mais les arbres à conserver n'étaient pas marqués. Les opérateurs des abatteuses-groupeuses atteignaient les divers niveaux de retenue en comptant les tiges marchandes tel que décrit au tableau 1 et aux figures 10 à 14. Le débardage était confiné aux corridors prédéterminés, coupés à blanc,

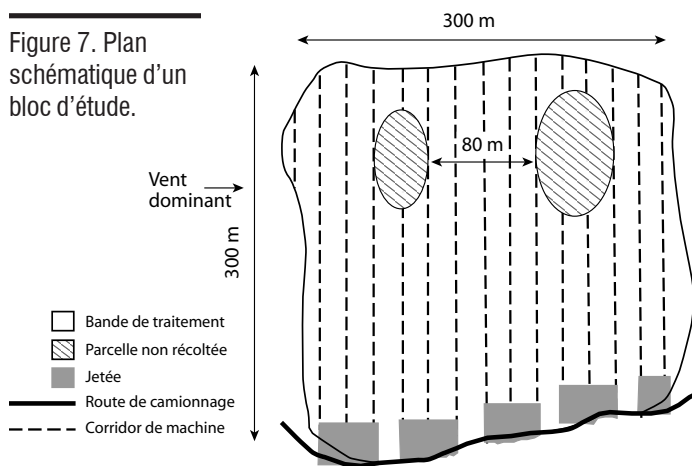


Figure 8. Arbres debout après coupe. Noter les parcelles elliptiques et les arbres debout dispersés (20 % de retenue dans le bloc supérieur, 10 % dans le bloc inférieur).



Figure 9. Aire dégagée servant au façonnage (peuplement *Ddom*).

Figure 10. Retenue de 10 % dans un peuplement *Ddom*.



Figure 11. Illustration du plan de récolte pour une retenue de 10 %, d'après Sidders et Luchkow (1999).

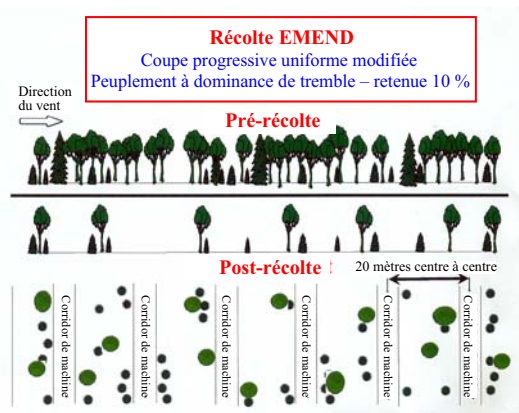


Figure 12. Illustration du plan de récolte pour une retenue de 20 %, d'après Sidders et Luchkow (1999).

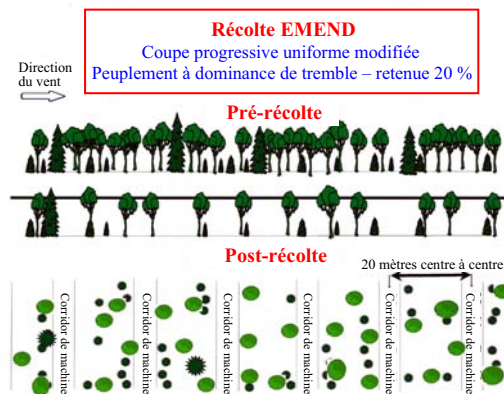
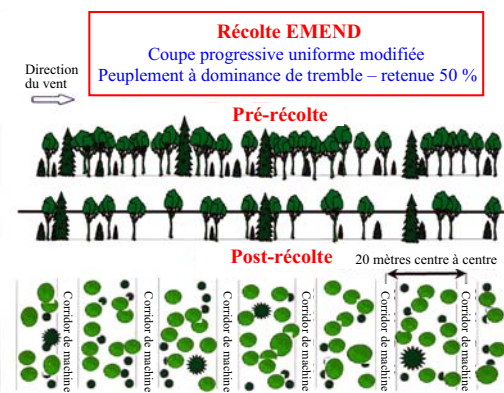


Figure 13. Illustration du plan de récolte pour une retenue de 50 %, d'après Sidders et Luchkow (1999).



dans les blocs de traitement. Les activités d'abattage et de débardage dans les coupes à blanc ont été effectuées selon les schémas traditionnels « choix de l'opérateur ».<sup>1</sup>

## Méthodes d'étude

Les activités de récolte ont été observées selon des techniques de chronométrage détaillé et d'analyse par poste de travail, par phase de récolte dans chaque type de peuplement. Les largeurs des sentiers de débardage ont été mesurées après coupe dans chaque traitement et chaque type de peuplement.

L'abattage et le débardage ont été les principales phases de récolte observées par chronométrage détaillé, principalement durant le poste de jour. Un chronométrage détaillé limité a également été effectué pour comparer les techniques de façonnage des deux principaux entrepreneurs. Les phases de chargement et de camionnage n'ont pas été observées parce que leur productivité était considérée indépendante des traitements.

Les observations par poste de travail ont été effectuées à l'aide d'enregistreurs d'activité des machines ainsi que des registres de présence de la compagnie. Pour calculer le coût par heure et le coût par mètre cube par traitement, les heures observées par type de machine ont été utilisées avec les données suivantes :

- coûts de remplacement (à neuf) de l'équipement fournis par le vendeur

<sup>1</sup> Les schémas d'abattage partent d'une bordure relativement droite, habituellement parallèle à une limite du bloc et/ou à une route d'accès au bloc. Le débardage se fait jusqu'en bord de route ou à des emplacements sur la route proposée, le parcours étant au choix de l'opérateur. En général, on n'utilise pas de sentiers prédéterminés.

<sup>2</sup> Le chronométrage détaillé est le chronométrage continu d'un procédé, chaque cycle étant séparé en éléments de temps individuels, à l'aide d'un chronomètre ou d'un enregistreur de données portatif. Cette méthode a été utilisée durant la période de récolte pour recueillir des données permettant une comparaison des traitements et des stratégies de récolte.

- taux de main-d'œuvre de l'IWA pour la Colombie-Britannique intérieure, courants au moment de l'étude<sup>3</sup>
- taux d'intérêt courants
- volumes de cubage fournis par la compagnie
- hypothèses de coûts de FERIC – ces hypothèses et ces coûts apparaissent à l'annexe I.

Le plan prévoyait de récolter les jetées séparément des blocs d'étude. Cependant, étant donné le plus grand nombre de machines utilisées pour s'assurer de compléter la récolte avant le dégel du printemps, la séparation n'était pas réalisable au plan logistique et le bois des jetées a été combiné au volume provenant du traitement des blocs. Les jetées, en moyenne, représentaient 6,8 % de la superficie de chaque bloc.

## Opérations de récolte

Le plan de l'étude demandait que toute la récolte soit complétée en une seule saison hivernale de coupe. La procédure planifiée consistait à abattre tous les arbres sur les sentiers de débardage de 5 m de largeur avec une seule abatteuse-groupeuse sans surplomb arrière, et à les débarder lors du premier passage. Lors du second passage, les arbres dans les bandes de traitement devaient être abattus au moyen d'une abatteuse-groupeuse à longue portée, puis débardés. Cependant, l'abatteuse-groupeuse sans surplomb arrière a été détruite par le feu avant le début de la coupe sur les sentiers de débardage. De plus, l'abatteuse-groupeuse à longue portée, qui avait environ 8 ans, était la plus vieille machine dans l'étude et a subi une panne majeure peu après le commencement des travaux. Le début du traitement de récolte d'hiver avait aussi été retardé parce que l'entrepreneur principal avait d'autres engagements de travail. Dans cette région de l'Alberta, la récolte est effectuée à soixante-quinze pour cent pendant la saison d'hiver parce que les pluies d'été et les sols à texture fine rendent les conditions défavorables. Comme un changement

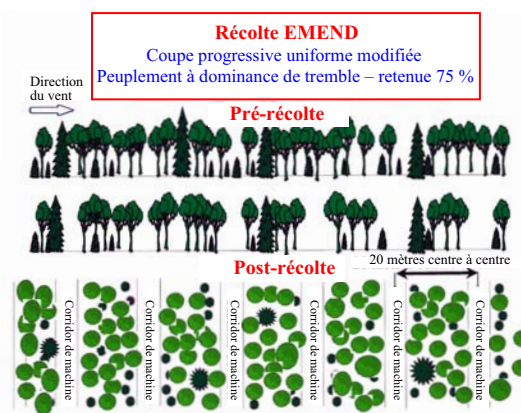


Figure 14. Illustration du plan de récolte pour une retenue de 75 %, d'après Sidders et Luchkow (1999).

dans le programme de coupe était impossible compte tenu des contraintes de l'expérience, il a été décidé de procéder à l'abattage en utilisant toutes les abatteuses-groupeuses disponibles. Si le mât d'abattage ne pouvait atteindre le centre de la bande de traitement, une avance « avec précaution » de la machine dans le peuplement serait autorisée pour assurer le traitement de toute la bande.

La récolte dans les blocs de traitement a été réalisée principalement par les deux entrepreneurs principaux au moyen de sept abatteuses-groupeuses, sept débardeurs et six façonneuses (figures 15-17). Les caractéristiques des machines apparaissent à l'annexe II. Une faible portion de la récolte a été effectuée par trois autres entrepreneurs. Ces derniers ont abattu et/ou débardé les arbres principalement dans les emprises de route, les jetées, les zones tampons des blocs à incendier et les coupes à blanc. L'entrepreneur principal (entrepreneur 1) travaillait à raison de deux postes de 12 h pendant 15 jours consécutifs, avant un congé de l'équipe de 2 à 4 jours. Le deuxième entrepreneur (entrepreneur 2) faisait soit un ou deux postes par jour avec les abatteuses-groupeuses et un poste avec les débardeurs, cinq jours par semaine. Tous deux avaient acquis une expérience connexe dans l'étude Hotchkiss (Navratil et al., 1994; Sauder et MacIsaac, 2004). Dans les traitements avec

<sup>3</sup> Les taux de Colombie-Britannique ont été utilisés parce que les taux courants de l'IWA n'étaient pas disponibles pour l'Alberta.

Figure 15.  
Abatteuse-  
groupeuse  
pratiquant une  
éclaircie dans un  
peuplement  
*DdomU*.



Figure 16.  
Débardeur  
accrochant des  
arbres dans un  
peuplement *Ddom*.



Figure 17.  
Ébrancheuse à mât  
coulissant au  
travail sur une  
jetée *Cdom*.



retenue partielle, on suivait la séquence suivante :

1. Les routes étaient construites.
2. Les arbres sur les jetées étaient abattus et débardés.
3. Les arbres sur les sentiers étaient abattus à l'intérieur des blocs de traitement et débardés.
4. Les arbres sur les blocs de traitement (bandes de retenue) étaient abattus et débardés.

Dans les coupes à blanc, les arbres étaient normalement abattus avant la construction des routes dans le bloc. Les opérateurs de débardeur acheminaient les arbres aux aires d'empilement prévues sur les routes existantes

ou, dans certains cas, d'après l'orientation des piles et la distance de débardage, à des emplacements sur la route proposée.

## Résultats et discussion

Les éléments de temps pour les phases d'abattage, de débardage et de façonnage sont décrits à l'annexe III.

### Étude chronométrique détaillée

#### Abattage

Les abatteuses-groupeuses abattaient tous les arbres et groupaient habituellement les tiges par essence. Le plan de l'étude spécifiait un débardage entre le premier et le deuxième passage. Dans certains traitements et certains types de peuplement ayant une faible densité, des ouvertures naturelles ou des arbres de petit diamètre, il était possible d'abattre les arbres du premier passage (c.-à-d. le sentier) tout en s'éloignant de la route, pour ensuite faire marche arrière et abattre les arbres du second passage (c.-à-d. la bande de traitement) tout en retournant vers la route. Le débardage était alors effectué en une seule opération. Dans les peuplements de plus forte densité, le volume des tiges provenant de l'abattage du premier et du second passages était plus élevé que ce qui pouvait être empilé dans les ouvertures naturelles, à côté de la piste suivie par l'abatteuse, ou entre les traces d'abatteuses. Ces peuplements demandaient par conséquent un débardage entre les passages.

Dans l'ensemble, l'augmentation observée dans le temps d'abattage par arbre pour les niveaux de retenue plus élevés résultait principalement des temps plus longs de déplacement et de manœuvre (figure 18). Les résultats du chronométrage détaillé pour l'abattage apparaissent à l'annexe IV; le tableau indique que le temps d'abattage le plus court par arbre se trouve dans le traitement de coupe à blanc et dans les peuplements *Ddom* et *DdomU*.

Toutes les têtes d'abattage étaient équipées d'accumulateurs de tiges, permettant aux opérateurs d'abattre plus d'un arbre par



cycle.<sup>4</sup> Certains opérateurs utilisaient l'accumulateur pour les aider à faire le compte des quantités prélevées, spécialement dans les traitements avec retenue de 20 % et de 50 % (tableau 1). Par exemple, dans le traitement avec retenue de 20 %, trois arbres pouvaient être coupés et accumulés et un arbre laissé sur pied pour rencontrer la prescription de récolte qui demandait de couper trois arbres dispersés sur quatre. C'était toutefois un défi que d'abattre au niveau de retenue requis par le traitement parce que les têtes d'abattage à scie circulaire soulevaient la neige et souvent cachaient les souches, et parce que la variabilité naturelle du peuplement rendait difficile de savoir quelles superficies avaient été traitées, particulièrement celles traitées depuis le sentier précédent. Certains opérateurs trouvaient difficile d'imaginer à quoi devrait ressembler le peuplement après-coupe dans la variété de peuplements et de traitements. FERIC a effectué à titre d'exemple un marquage dans plusieurs traitements pour venir en aide à ces opérateurs. Ceci consistait en une petite section marquée au début du bloc et une autre courte section à mi-chemin. Malgré les difficultés, la prescription a été atteinte conformément aux objectifs du projet, avec des dommages minimes aux arbres résiduels.<sup>5</sup>

Les productivités ont été calculées en utilisant le temps d'abattage par arbre donné à l'annexe IV et le volume moyen par arbre pour chaque bloc.<sup>6</sup> La figure 19 compare les productivités du premier passage, du second passage, du traitement total, ainsi que de la coupe à blanc. Quand tous les traitements de retenue étaient considérés, il y avait peu de différence dans les productivités entre les passages. Cependant, la productivité était de 16 % plus élevée dans les coupes à blanc que la productivité moyenne d'abattage pour tous les autres traitements combinés.

La figure 20 résume la productivité d'abattage par type de peuplement. La productivité d'abattage était similaire entre

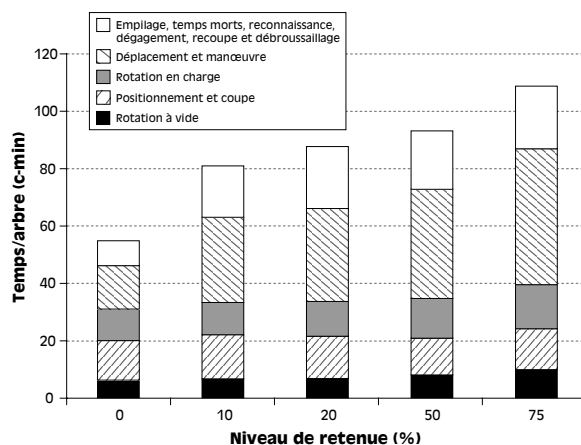


Figure 18. Temps d'abattage par arbre, d'après le chronométrage détaillé.

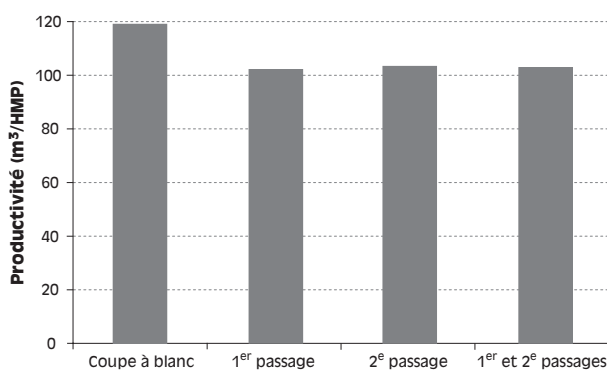


Figure 19. Productivité d'abattage par passage.

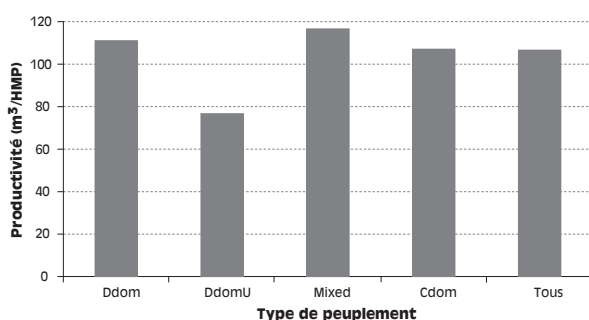


Figure 20. Productivité d'abattage par type de peuplement, d'après le chronométrage détaillé.

<sup>4</sup> Les accumulateurs sont des bras additionnels sur une tête d'abattage, qui permettent d'abattre successivement plusieurs tiges et de les tenir verticalement dans la tête d'abattage. Les tiges sont étendues au sol en groupe seulement quand l'accumulateur est plein ou quand une autre essence doit être abattue.

<sup>5</sup> John Spence, (U of A) et Jan Volney (SCF), communication personnelle, mars 2004.

<sup>6</sup> Les volumes par arbre ont été déterminés à partir du volume mesuré et du compte fait par les opérateurs d'abatteuse-groupeuse. Un contrôle du nombre de tiges à la jetée a permis de vérifier la précision du compte fait à l'abattage. Les volumes par arbre obtenus lors de l'inventaire forestier ont été utilisés quand les registres d'abattage étaient incomplets ou quand les registres de mesurage de la compagnie n'étaient pas disponibles.

les peuplements et variait de 107 à 117 m<sup>3</sup> par heure-machine productive (HMP), sauf pour le peuplement *DdomU* qui avait une productivité moyenne de 77 m<sup>3</sup>/HMP. Cette différence résulte, au moins en partie, du volume plus faible par arbre de 0,4 m<sup>3</sup> dans *DdomU* comparativement à 0,6 et 0,8 pour les autres peuplements (tableau 2). Cependant, pour tous les blocs combinés, une analyse de régression a démontré que seulement 13 % de la variation de productivité était reliée au volume moyen des arbres par bloc.

La figure 21 compare la productivité d'abattage pour différents niveaux de retenue. La productivité d'abattage dans les coupes à blanc était de 16 à 24 % plus élevée que dans les autres traitements. L'abattage dans les

bandes de traitement donnait une productivité égale durant les postes de nuit et les postes de jour. Cependant, le ruban jaune utilisé pour marquer le centre des sentiers était très difficile à voir la nuit, particulièrement dans les peuplements denses. Ceci pourrait avoir affecté la productivité lors du premier passage.

### Débardage

Le débardage a été effectué par les deux entrepreneurs principaux avec des équipements de dimensions similaires (annexe II). Il était difficile d'obtenir des données détaillées comparatives entre les blocs parce que la forme des blocs et par conséquent la distance de débardage variaient, et parce que l'entrepreneur 1 utilisait des groupes de débardeurs dans un même bloc, les déplaçant fréquemment entre les blocs. Une analyse de régression a démontré que seulement 16 % du temps total du cycle pouvait être expliqué par des changements dans la distance de débardage. Cependant, 78 % des temps de déplacement à vide et de déplacement en charge étaient reliés aux changements dans la distance de débardage.

Pour rendre les données de chronométrage plus comparables, on a eu recours à une équation de régression pour les déplacements, afin de normaliser la distance de débardage à 150 m. La productivité a été calculée en utilisant les temps de cycle normalisés de l'annexe IV, le nombre de tiges débarquées par cycle d'après les registres de chronométrage, et les volumes moyens par arbre par bloc. La productivité de l'opération de débardage diminuait avec l'augmentation des niveaux de retenue (figure 22) et avec l'augmentation du nombre de résineux (figure 23).

La figure 23 compare la productivité du débardage par type de peuplement. Les deux entrepreneurs utilisaient des stratégies différentes dans les peuplements mixtes résineux et feuillus, particulièrement quand une essence était une composante mineure. L'entrepreneur

**Tableau 2. Volumes moyens (m<sup>3</sup>/arbre)**

Retenue	Type de peuplement				
	<i>Ddom</i>	<i>DdomU</i>	<i>Mixed</i>	<i>Cdom</i>	Tous
0%	0,59	0,36	0,71	0,70	0,59
10%	0,57	0,42	0,89	1,15	0,76
20%	0,50	0,36	0,75	0,59	0,55
50%	0,61	0,47	0,72	0,98	0,70
75%	0,84	0,44	1,01	0,71	0,75
Tous	0,62	0,41	0,82	0,82	0,67

Figure 21. Productivité d'abattage par niveau de retenue, d'après le chronométrage détaillé.

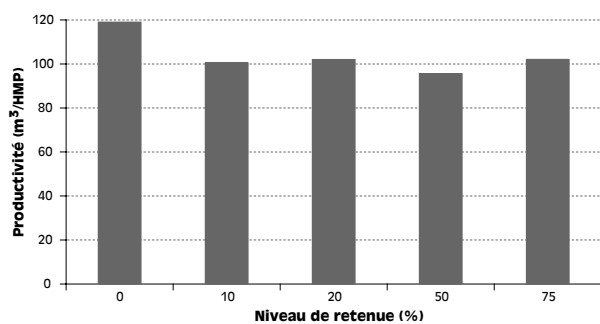
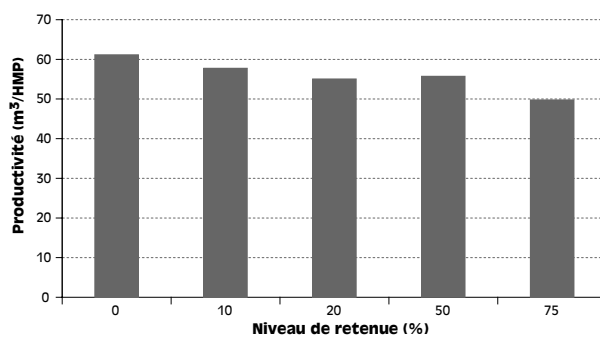


Figure 22. Comparaison de la productivité du débardage par niveau de retenue, d'après le chronométrage détaillé.



Il exigeait que toutes les tiges récoltées arrivant à la jetée soient triées par essence pour éviter de retarder la façonneuse. L'abatteuse-groupeuse séparait le bois par essence mais les groupes qui en résultaient étaient souvent seulement une fraction de la capacité du débardeur. Pour éviter de débarquer avec seulement une charge partielle, les opérateurs de débardeur transportaient des groupes de tiges sur de courtes distances à l'intérieur des corridors jusqu'à ce qu'une pile de pleine capacité soit formée, puis acheminaient alors cette pile jusqu'à la jetée.

Chez l'entrepreneur 2, les opérateurs d'abatteuse-groupeuse travaillaient étroitement avec les opérateurs de débardeur pour créer des piles correspondant à la moitié de la capacité du débardeur.<sup>7</sup> L'opérateur du débardeur se mettait en marche arrière une fois passée la première pile, accrochait la pile suivante, et débarquait cette nouvelle pile jusqu'à la première. Après avoir laissé tomber la nouvelle pile, l'opérateur reprenait les deux piles et les amenait à la jetée, souvent avec un certain mélange d'essences. C'était alors la façonneuse qui faisait le tri par essences.

La figure 24 montre une comparaison du temps de débarquement par élément de temps du cycle. Le temps d'accrochage, qui inclut le débarquement dans le bloc, était 79 % plus élevé pour l'entrepreneur 1 que 2, principalement à cause du triage dans le bloc. De plus, le temps à la jetée était 61 % plus élevé pour l'entrepreneur 1, reflétant une stratégie différente. Les opérateurs de débardeur de l'entrepreneur 1 créaient l'empilement le plus haut possible et repoussaient le bois en hauteur presque à chaque cycle. L'entrepreneur 2 ne créait un haut empilement à la jetée que si l'espace était limité, le repoussant en hauteur uniquement lorsque nécessaire, et il a utilisé en deux occasions des dépressions sismiques et autres ouvertures pour déposer les billes. Comme résultat, l'entrepreneur 2 avait une plus grande

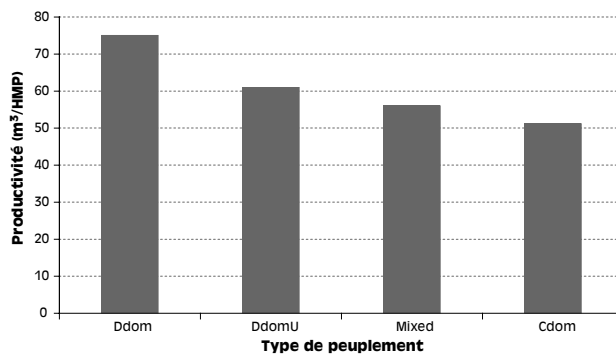


Figure 23. Comparaison de la productivité du débarquement par type de peuplement, d'après le chronométrage détaillé.

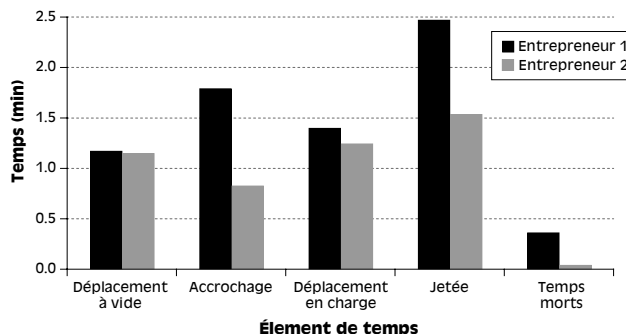


Figure 24. Comparaison de la productivité du débarquement par entrepreneur, d'après le chronométrage détaillé.

productivité au débarquement que l'entrepreneur 1 (71 m³/HMP comparativement à 56 m³/HMP, respectivement).

L'enlèvement d'une partie de la zone tampon aux jetées, c.-à-d. les bandes de traitement entre les jetées (figure 7), a été autorisé pour les deux entrepreneurs à cause du manque d'espace d'empilage dans certains des traitements à plus faible retenue. La profondeur des jetées a affecté la productivité des débardeurs dans certains blocs parce que les jetées n'avaient que la longueur des tiges les plus longues et que les débardeurs avaient besoin de temps additionnel pour l'empilage. Avant la récolte des blocs, il était difficile aussi de débarquer le bois des petites jetées et de l'empiler. Les opérateurs de débardeur de l'entrepreneur 1 ont rapporté pour le débarquement du bois des jetées une productivité de seulement un tiers du débarquement traditionnel. Aucun chronométrage détaillé du débarquement des jetées n'a été effectué parce que la plus grande partie de l'opération avait lieu durant les postes de nuit. L'entrepreneur

<sup>7</sup> L'entrepreneur 2 avait une équipe plus expérimentée dans l'ensemble et offrait à tous les opérateurs une prime au rendement basée sur la production combinée de toutes les phases (de l'abattage au chargement).

2 ne débardait pas le bois des jetées mais utilisait plutôt l'abatteuse-groupeuse pour abattre et empiler ce bois. Même si l'abattage prenait plus de temps de cette manière, il éliminait le débardage, le rehaussement des piles à la jetée et le retournement des tiges.

Certaines des exigences du plan de l'étude ont affecté la productivité et l'efficacité. Par exemple, l'obligation que chaque bloc se situe à l'intérieur d'un même type de peuplement et que l'orientation du sentier de débardage soit constamment nord-sud affectait la distance de débardage et les dimensions de la jetée, particulièrement pour les longs blocs étroits nord-sud. L'entrepreneur 2 a réduit l'effet négatif dans plusieurs de ces blocs en amenant les tiges à des dépressions sismiques rapprochées ou en procédant à l'alimentation continue de la façonneuse par les débardeurs.<sup>8</sup> L'entrepreneur 1 aussi a eu recours à cette méthode dans la dernière partie de l'étude.

Le terrain affectait le débardage. Au départ, l'entrepreneur 1 utilisait des débardeurs sur roues sur toutes les superficies à cause de leur vitesse de déplacement plus élevée, et réservait le débardeur sur chenilles pour empiler le bois sur les jetées. Plus tard, il a utilisé le débardeur sur chenilles sur les sections de sentiers à forte pente dans plusieurs blocs et sur certaines pentes transversales, réduisant l'impact d'un terrain défavorable sur la productivité.

Les parcelles elliptiques non récoltées n'ont pas semblé avoir affecté les opérations d'abattage ni de débardage, mais un nouveau débardage a été nécessaire sur certaines parties de plusieurs blocs parce que des tiges abattues avaient été omises derrière ces parcelles.

La largeur des sentiers, la largeur affectée et la largeur d'abattage des corridors d'extraction sont illustrées à la figure 25 et indiquées au tableau 3.<sup>9</sup> La largeur des sentiers et la largeur affectée ont augmenté avec

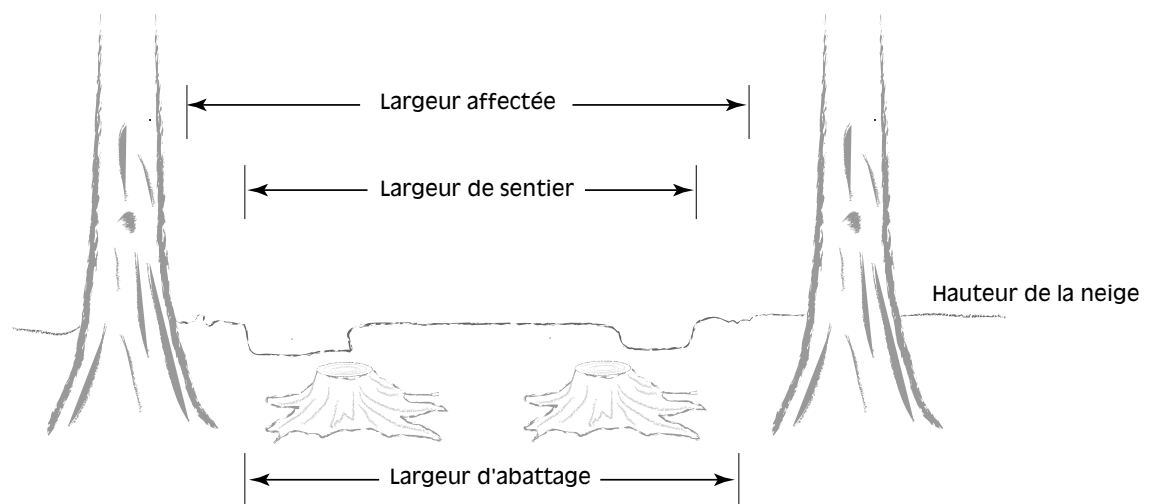
**Tableau 3. Largeur du sentier de débardage**

Retenue/ type de peuplement	Largeur du sentier (m)	Largeur affectée (m)	Largeur d'abattage (m)
10%	4,46	5,82	-
20%	4,36	5,57	-
50%	4,23	5,34	-
75%	4,01	5,01	3,84
<i>Ddom</i>	4,29	5,65	-
<i>DdomU</i>	4,09	5,27	-
<i>Cdom</i>	4,36	5,30	-
<i>Mixed</i>	4,32	5,41	-
Moyenne	4,26	5,41	-

<sup>8</sup> Le façonnage alimenté en continu est un façonnage effectué en conjonction avec d'autres phases de récolte plutôt que seulement quand tout l'abattage et le débardage ont été complétés.

<sup>9</sup> La largeur du sentier est la largeur de la piste sur laquelle se déplace le débardeur (c.-à-d. la largeur des traces laissées par le débardeur), la largeur affectée est la largeur utilisée par le débardage (c.-à-d. la largeur de la superficie perturbée par le débardeur et les groupes de tiges), et la largeur d'abattage est mesurée depuis des points à mi-chemin entre le côté-sentier d'un arbre debout et la souche la plus rapprochée sur le sentier.

Figure 25.  
Mesures de la  
largeur du sentier  
de débardage.



l'augmentation du niveau de prélèvement. En moyenne, les sentiers occupaient approximativement 17 % de la superficie récoltée, et les jetées occupaient 7 % de plus. Un impact minime sur les sites (sols) serait anticipé peu importe le traitement de retenue, pourvu que la récolte ait lieu pendant que le terrain est complètement gelé ou sec (Sutherland, 2003). Cependant, un certain volume de bois a été récolté dans le premier et le dernier blocs de traitement, alors que les sols n'étaient que partiellement gelés.

### Façonnage

Un certain chronométrage détaillé des activités de façonnage a été effectué dans les types de peuplements *Ddom* et *DdomU*, ceci dans le but de mieux comprendre l'effet du triage en bordure de route par la façonneuse, comparativement au triage par l'abatteuse-groupeuse et le débardeur. La figure 26 compare le temps de façonnage par tige entre les deux entrepreneurs. Elle ne montre aucun impact négatif sur le temps de façonnage par tige pour l'entrepreneur 2, par suite du triage durant le façonnage. La figure 27 illustre les détails des différences entre les éléments de temps pour le cycle de façonnage. Le façonnage, l'empilage et l'enlèvement des

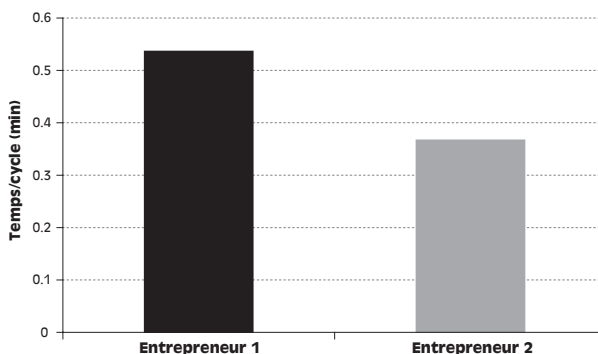


Figure 26. Temps du cycle de la façonneuse par entrepreneur, d'après le chronométrage détaillé.

débris étaient les éléments de temps qui montraient les plus grandes différences entre les entrepreneurs. La différence dans les temps d'enlèvement des débris et d'empilage était un résultat des techniques différentes appliquées par les deux entrepreneurs. L'entrepreneur 1 déplaçait tous les débris de façonnage en piles derrière la machine. L'entrepreneur 2 laissait les débris au sol et empilait les billes par-dessus. La cause des différences dans l'élément de temps façonnage n'a pas été déterminée mais peut être reliée aux machines, aux opérateurs ou à la quantité de branches.

### Étude par poste de travail

Les heures-machines prévues et les heures productives ont été calculées par phase et par bloc, et ont été résumées par type de peuplement et de traitement. Toutes les ma-

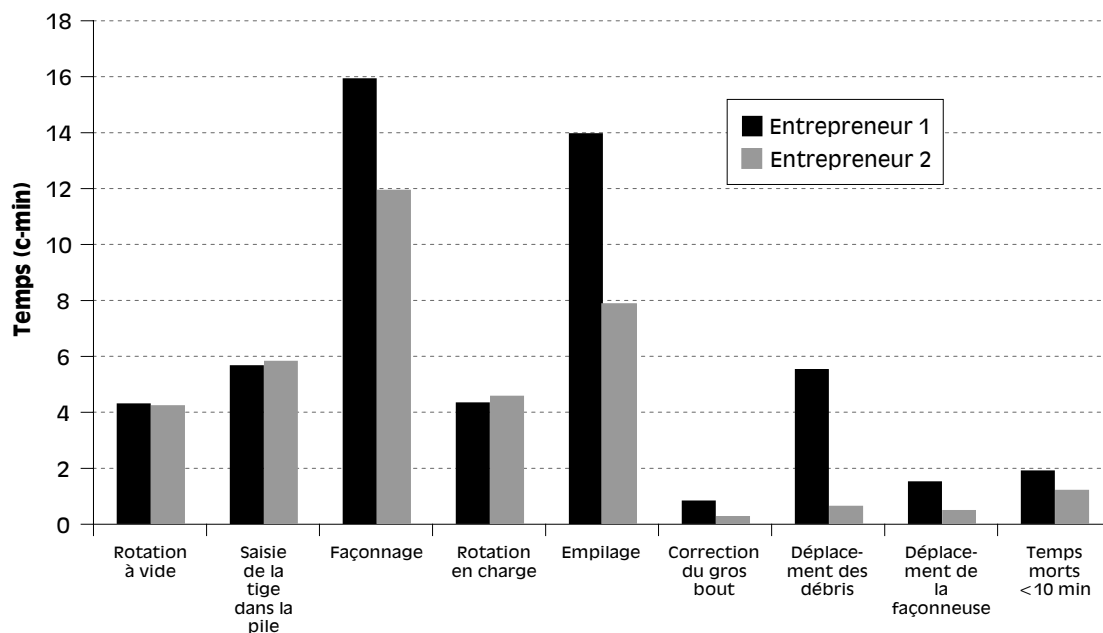


Figure 27. Éléments de temps du cycle de la façonneuse, d'après le chronométrage détaillé.

chines étaient équipées d'enregistreurs d'activités. Comme toutes les machines, particulièrement les débardeurs, travaillaient dans plusieurs blocs durant un seul poste, l'utilisation moyenne a servi au calcul des heures-machines prévues à partir des heures-machines productives.

Le débardage était un échelon d'entrée pour l'entrepreneur 1 et montrait la plus grande variance au point de vue de l'expérience des opérateurs. Une combinaison des sommaires de données recueillies par l'entrepreneur, la compagnie forestière et le SCF a été utilisée pour l'entrepreneur 1 parce que des diagrammes d'enregistreurs n'étaient pas disponibles. Pour l'entrepreneur 2, les heures ont été tirées des diagrammes des enregistreurs d'activités des machines.

Les données par poste de travail ne montraient pas de différences systématiques dans la productivité, entre les postes de jour et de nuit.

## Coûts des machines

Les coûts horaires apparaissent à l'annexe I et sont basés sur les hypothèses standard d'analyse des coûts de FERIC. Les volumes fournis par les balances des compagnies ont été utilisés lorsque disponibles. L'annexe V donne la productivité. Le coût total en bordure de route est indiqué par type de peuplement dans la figure 28 et par niveau de retenue dans la figure 29, avec détails additionnels à l'annexe VI. Il y avait une plus grande différence de coûts entre les types de peuplements qu'entre des niveaux de retenue différents. Les peuplements *Cdom* avaient le coût le plus élevé, une augmentation du coût de façonnage représentant la plus grande différence. Le peuplement *Ddom* avait le coût global le plus bas. Le coût moyen d'abattage et de débardage pour les autres traitements combinés était de 28 % plus élevé que pour les peuplements *Ddom*. Les coupes à blanc (retenue de 0 %) et la coupe avec retenue de 10 % avaient un coût global plus bas pour livraison en bordure de route que tous les autres traitements avec retenue. La coupe à blanc avait le coût le plus bas mais elle

différait de 2 % seulement de la coupe avec retenue de 10 %. Les coûts des autres traitements étaient de 8 à 16 % plus élevés comparativement à la coupe à blanc. La coupe avec retenue de 20 % avait le coût le plus élevé et était 16 % plus coûteuse que la coupe à blanc. Les coûts d'abattage et de débardage étaient plus élevés en moyenne de 20 % pour tous les traitements avec 20 à 75 % de retenue, que pour la coupe à blanc et la coupe avec retenue de 10 %.

Figure 28. Coût total en bordure de route par type de peuplement, d'après l'étude par poste de travail.

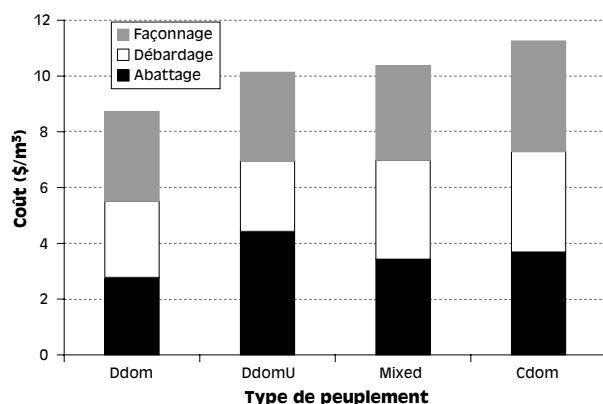
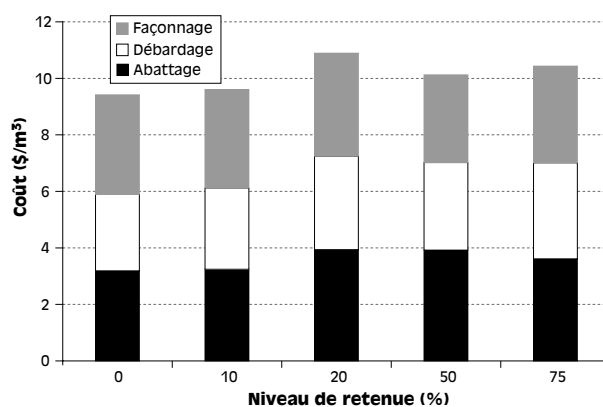


Figure 29. Coût total en bordure de route par niveau de retenue, d'après l'étude par poste de travail.



## Comparaison des résultats du chronométrage détaillé et de l'étude par poste de travail

L'information par poste de travail était basée sur les numéros de blocs enregistrés par les opérateurs. Pour les opérateurs de débardeurs de l'entrepreneur 1, ceci exigeait d'attribuer correctement leur temps journalier à

plusieurs numéros de bloc. Pour confirmer que les tendances montrées par l'analyse de coût dérivée de l'étude par poste de travail étaient correctes, les coûts ont été calculés pour les phases d'abattage et de débardage à partir des données de chronométrage, du volume moyen des arbres par bloc et du coût par heure-machine productive. Ces coûts sont donnés par type de peuplement et par niveau de retenue aux figures 30 et 31.

Comparativement aux données par poste de travail, les coûts dérivés du chronométrage détaillé par type de peuplement étaient plus bas, mais ils montraient en partie les mêmes tendances. Les coûts dérivés du chronométrage détaillé aussi variaient davantage entre les types de peuplements qu'entre les niveaux de retenue. La variation entre les peuplements était de 15 à 34 %, alors qu'entre les niveaux de retenue elle était de 11 à 20 %. On rencontrait les coûts les plus élevés dans le peuplement *DdomU* et pour le traitement avec retenue de 75 %. Les coûts d'abattage montraient les mêmes tendances entre les peuplements dans les deux méthodes d'analyse des coûts, les blocs *Ddom* ayant les coûts les plus bas et les blocs *DdomU* les coûts les plus élevés. Cependant, les coûts de débardage montraient moins d'uniformité. Les coûts d'abattage et de débardage combinés augmentaient graduellement à mesure que le niveau de retenue augmentait. La plus grande partie de cette augmentation était due à l'abattage, sauf dans le traitement avec retenue de 75 % où seuls les corridors des machines étaient abattus et où le débardage était la principale composante.

Comme les volumes des arbres provenant de la récolte des jetées n'étaient pas systématiquement séparés des volumes des traitements, et comme il semble qu'une partie du temps n'était pas allouée aux bons blocs de traitement dans les données par poste de travail, les tendances indiquées par le chronométrage détaillé sont probablement

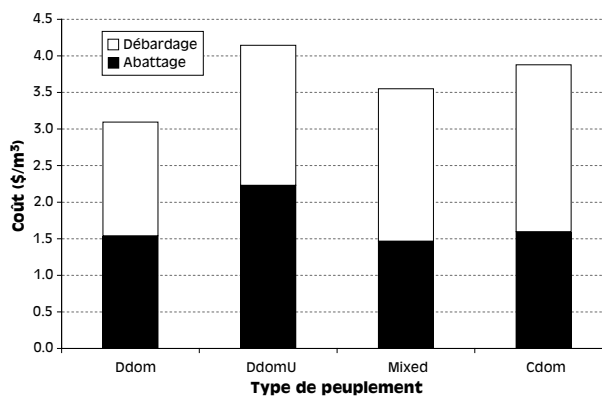


Figure 30. Coût d'abattage et de débardage par type de peuplement, d'après le chronométrage détaillé.

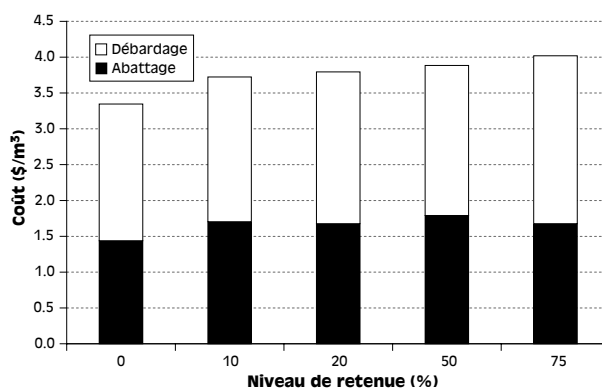


Figure 31. Coût d'abattage et de débardage par niveau de retenue, d'après le chronométrage détaillé.

plus représentatives des différences réelles dans les coûts. De plus, les coûts pour la coupe à blanc seraient vraisemblablement plus bas dans une application plus vaste que celle de l'étude parce que les coupes à blanc de l'étude étaient souvent faites par les équipes les moins expérimentées et fréquemment la nuit. Cependant, les coûts pour la récolte des autres traitements pourraient aussi diminuer avec plus d'expérience et moins de types de traitements.

Les productivités EMEND dérivées du chronométrage détaillé ont été comparées aux diagrammes de productivité générés par le programme INTERFACE<sup>10</sup> de FERIC (McMorland, 2003, 2004). En coupe à blanc, les productivités EMEND pour l'abatteuse-groupeuse étaient dans la gamme des données INTERFACE mais étaient, en

<sup>10</sup> INTERFACE utilise les productivités réelles par classe de grosseur des équipements et par classe de volume des arbres pour créer un outil permettant de comparer le coût relatif de divers traitements de récolte et de sylviculture.

moyenne, de 22 % plus élevées que la courbe générale. INTERFACE contient des données plus limitées pour les coupes sélectives et, par conséquent, combine tous les niveaux de retenue et toutes les classes de pente. Les productivités EMEND pour l'abattage lors du traitement étaient aussi à l'intérieur des données INTERFACE mais étaient, en moyenne, de 41 % supérieures. La productivité EMEND pour le débardage était d'environ 24 % inférieure à la productivité indiquée dans INTERFACE.

## Conclusions

La récolte en coupe partielle à partir de corridors coupés à blanc au moyen d'abatteuses-groupeuses et de débardeurs à grappin traditionnels s'est révélée une méthode viable pour les peuplements de la forêt boréale étudiés dans le projet EMEND. Les coûts augmentaient généralement avec l'augmentation des niveaux de retenue. Cependant, les coûts d'abattage et de débardage étaient influencés davantage par le type de peuplement que par le niveau de retenue. La récolte des peuplements à dominance feuillue (*Ddom*) avait la productivité la plus élevée et le coût le plus bas. La récolte des peuplements à dominance feuillue avec sous-étage (*DdomU*) avait la productivité la plus faible et le coût le plus élevé, principalement à cause de l'augmentation des coûts d'abattage. Les coûts d'abattage et de débardage augmentaient d'approximativement 4 à 20 % comparativement à la coupe à blanc quand la retenue augmentait de 10 à 75 %. Le coût de façonnage n'a pas été affecté de façon significative par le traitement. Le coût de façonnage augmentait avec l'augmentation du pourcentage de résineux – le coût le plus bas était pour les peuplements à dominance feuillue (*Ddom*) et le plus élevé pour les peuplements à dominance résineuse (*Cdom*). Bien que cela ne fasse pas partie de la présente étude, la productivité du façonnage semblait être affectée également par la technique de traitement des débris. La stratégie consistant

à trier en bordure de route avec une façonneuse un mélange d'essences majeures et mineures, donnait un meilleur rendement coût-efficacité que le triage en forêt par les débardeurs.

Du point de vue récolte, les traitements les plus acceptables seront déterminés par une combinaison du coût, de la performance de la régénération et de la possibilité d'atteindre un aménagement forestier durable. Une augmentation de coût d'environ 2 à 15 % serait anticipée pour les traitements avec retenue de 10 et de 20 %. Cependant, les coûts ont été plus affectés par les différents types de peuplements que par les niveaux de retenue.

## Mise en application

- Si de longs blocs étroits doivent être utilisés à l'échelle opérationnelle, les jetées devraient faire l'objet d'une stratégie particulière. Le recours à des aires d'empilage « d'opportunité », telles que dépressions sismiques et autres ouvertures, devrait être considéré comme une alternative à la formation d'empilements élevés. Une opération en continu, avec façonnage et chargement durant la phase de débardage, mériterait d'être explorée s'il est souhaitable d'avoir de petites jetées pour réduire au minimum l'influence du vent ou l'impact sur le site. L'abattage suivi de l'empilage sur de petites jetées avec l'abatteuse-groupeuse était efficace.
- Les jetées devaient avoir une profondeur égale au moins à la longueur de l'arbre le plus long plus une largeur de débardeur, afin d'éviter des dommages aux arbres en bordure et un temps excessif d'empilage pour les débardeurs.
- Si une orientation des sentiers transversale à la pente est requise, un débardeur à chenilles devrait être utilisé chaque fois que possible. Un débardeur à chenilles offre également des avantages lors d'un débardage en pente ascendante. Si on utilise des débardeurs sur roues, la largeur des sentiers devra être augmentée.



---

La capacité des débardeurs sur roues doit être réduite pour les débardages en pente ascendante.

- Les stratégies de marquage devraient être revues, particulièrement pour la récolte de nuit et pour les opérations comprenant plusieurs opérateurs. Le ruban de marquage jaune était difficile à voir la nuit.
- Un certain marquage des traitements (p. ex. marquer les arbres à conserver) fournirait un point de référence pour les opérateurs chargés de l'abattage, assurant que les prescriptions soient régulièrement rencontrées, particulièrement avec des niveaux de retenue multiples. Les superviseurs devraient aussi transmettre rapidement leurs commentaires.
- La vérification d'arbres oubliés devrait se faire dans un court délai afin d'éviter le coût de ramener l'équipement sur place pour un abattage ou un débardage additionnels, particulièrement en arrière des parcelles non récoltées.
- Le triage d'une essence mineure devrait être fait à la jetée par la façonneuse, à cause de la réduction du coût global pour les phases d'abattage, de débardage et de façonnage.
- Une communication entre les opérateurs des différentes phases peut permettre de réduire les coûts d'ensemble. Les opérateurs des abatteuses-groupeuses devraient tenter de produire constamment des piles correspondant à la moitié de la capacité du débardeur pour maximiser l'efficacité de la phase combinée abattage-débardage.
- Il serait possible d'augmenter la productivité en améliorant les horaires et la formation des équipes.

## Références

- Armstrong, G.W.; Cumming, S.G.; Adamovicz, W.L. 1999. Timber supply implications of natural disturbance management. *Forestry Chronicle* 75(3):497-504.
- Bergeron, Y.; Harvey, B. 1998. Une sylviculture s'inspirant de la dynamique naturelle des écosystèmes en forêt boréale mixte. *Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Note de recherche No 6*. 2 p.
- Bergeron, Y.; Harvey, B.; Leduc, A.; Gauthier, S. 1998. Pratiques sylvicoles et stratégies d'aménagement qui s'inspirent des perturbations naturelles. *Réseau de gestion durable des forêts, Edmonton, Alta. Working Paper 1998-6*. 12 p.
- Buse, L.J.; Perera, A.H. (compilateurs). 2002. Emulating natural forest landscape disturbances : concepts and applications. *Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, Forest Information Paper No 149*. 100 p.
- Johnson, D.; Kershaw, L.; MacKinnon, A.; Pojar, J. 1995. *Plants of the western boreal forest and aspen parkland*. Lone Pine Publishing, Edmonton, Alta. 392 p.
- MacDonald, A. J. 2003. Coûts de réparation et d'entretien des équipements de récolte forestière. *FERIC, Vancouver, C.-B. Rapport Avantage Vol. 4, No 23*. 23 p.
- McMorland, B.A. 2003. INTERFACE productivity data from western Canada : harvesters II. *FERIC, Vancouver, C.-B. Progress Report No 8*, 6 p.
- McMorland, B.A. 2004. Harvesting curves for western Canada. *FERIC, Vancouver, C.-B.* <http://www.feric.ca/en/wd/home/mempartner/restricted/interface/interface.htm> (consulté le 13 avril 2004).
- Navratil, S.; Brace, L.G.; Sauder, E.A.; Lux, S. 1994. Silvicultural and harvesting options to favour immature white spruce and aspen regeneration in boreal mixedwoods. *Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton, Alta. Information Report NOR-X-337*. 78 p.
- Sauder, E.A.; MacIsaac, D.A. 2004. Using alternative harvesting techniques to protect the boreal mixedwoods understorey: evaluation of harvesting productivity and costs. *FERIC, Vancouver, C.-B. Advantage Report Vol. 5, No 12*. 44 p. (Un résumé de 12 pages en français est également disponible.)
- Sidders, D.; Luchkow, S. 1999. Harvesting operations description – EMEND final harvest layout and extraction pattern. *Guide de terrain à l'intention des opérateurs de machines (non publié)*. 14 p.
- Sutherland, B.J. 2003. Preventing soil compaction and rutting in the boreal forest of western Canada : a practical guide to operating timber-harvesting equipment. *FERIC, Vancouver, C.-B. Advantage Report Vol. 4, No 7*. 52 p.

## Remerciements

Cette étude n'aurait pas été possible sans l'assistance des autres collaborateurs au projet, particulièrement Daishowa-Marubeni International Ltd., Canadian Forest Products Ltd. et le Service canadien des forêts. Dans ces organisations, John Spence, Jan Volney, Derek Sidders, Steve Luchkow, Rob Berndt et Randy Rawe ont fourni une aide et des conseils précieux. Les employés de FERIC Craig Evans, Brian Bulley et Ernst Stjernberg ont également apporté une aide appréciable.

## Annexe I

### Coûts des machines <sup>a</sup> (\$/HMPv)

	Abatteuse- groupeuse <sup>b</sup>	Débardeur (sur roues) <sup>b</sup>	Débardeur (sur chenilles)	Ébrancheuse <sup>b</sup>
<b>COÛTS DE PROPRIÉTÉ</b>				
Prix d'achat total (P), \$	615 000	300 000	445 000	560 000
Durée de service anticipée (Y), y	2,76	2,76	2,76	2,76
Durée de service anticipée (H), h	10 000	10 000	10 000	10 000
Heures programmées par année (h)=(H/y), h <sup>c</sup>	3 623	3 623	3 623	3 623
Valeur résiduelle en % de P (s), %	20	20	20	20
Taux d'intérêt (Int), %	6,75	6,75	6,75	6,75
Taux d'assurance (Ins), %	2	2	2	2
Valeur résiduelle (S)=(P•s), \$	123 000	60 000	89 000	112 000
Investissement moyen (AVI)=((P+S)/2), \$	369 000	180 000	267 000	336 000
Perte en valeur de revente ((P-S)/H), \$/h	49,20	24	35,60	44,80
Intérêt ((Int•AVI)/h), \$/h	6,87	3,35	4,97	6,26
Assurance ((Ins•AVI)/h), \$/h	2,04	0,99	1,47	1,85
Coût total de propriété (OW), \$/h	58,11	28,35	42,05	52,91
<b>COÛTS DE FONCTIONNEMENT</b>				
Consommation de carburant (F), L/h	28	22	24	24
Carburant (fc), \$/L	0,45	0,45	0,45	0,45
Lubrifiants et huile en % du carburant (fp), % <sup>d</sup>	32	32	32	32
Consommation annuelle de pneus (t), nbre	-	4	-	-
Remplacement des pneus (tc), \$	-	3 500	-	-
Remplacement des chenilles et du train de roulement (Tc), \$	25 000	-	15 000	15 000
Durée des chenilles et du train de roulement (Th), h	8 000	-	6 000	10 000
Réparations et entretien en % du P (rm), % <sup>e</sup>	48	59	67	31
Réparations et entretien annuels (RP)=((P-Tc)•rm/Y), \$	102 609	64 130	104 384	61 214
Longueur de la période de travail (sl), h	12	12	12	12
Salaire de l'opérateur (W), \$/h	24,38	22,47	22,47	23,54
Avantages sociaux (WBL), %	38	38	38	38
Carburant (F•fc), \$/h	12,60	9,90	10,80	10,80
Lubrifiants et huile ((fp/100)•(F•fc)), \$/h	4,03	3,17	3,46	3,46
Pneus ((t•tc)/h), \$/h	-	3,86	-	-
Chenilles et train de roulement (Tc/Th), \$/h	3,13	-	2,50	1,50
Réparations et entretien (Rp/h), \$/h	28,32	17,70	28,81	16,9
Salaries et avantages sociaux (W•(1+WBL/100)), \$/h	33,64	31,01	31,01	32,49
Heures supplémentaires (prorata [(1.5•W)-W]•(sl-8)•(1+WBL/100/sl), \$/h	5,61	5,17	5,17	5,41
Coût total de fonctionnement (OP), \$/h	87,33	70,81	81,74	70,55
<b>COÛTS TOTAUX DE PROPRIÉTÉ ET DE FONCTIONNEMENT</b>				
(OW+OP) \$/HMPv	145,44	99,16	123,79	123,46
((OW+OP)/taux d'utilisation de la machine) <sup>f</sup> , \$/HMPv	171,11	116,65	145,64	145,25

<sup>a</sup> Ces coûts sont basés sur la méthodologie utilisée par FERIC pour déterminer les coûts de propriété et de fonctionnement des machines. Ils ne comprennent pas la supervision, le profit ni les frais généraux, et ne sont pas les coûts réels encourus par l'entrepreneur ou la compagnie. C'étaient les coûts courants au moment de l'étude.

<sup>b</sup> Basé sur une moyenne pour les équipements indiqués à l'annexe II.

<sup>c</sup> Basé sur 169 jours de travail/an – 124 jours en hiver, 45 jours en été.

<sup>d</sup> 1000 \$/service à intervalles de 250 h entre les services (Marv Clark, FERIC, communication personnelle, janvier 2004).

<sup>e</sup> Tiré de MacDonald, 2003.

<sup>f</sup> Le taux d'utilisation des machines de 85 % est une moyenne tirée des dossiers par poste de travail des deux entrepreneurs.

## Annexe II

### Description des équipements de récolte

Marque et modèle de machine	Description	Poids (kg)	Puissance (kW)
<b>Abattage</b>			
Timbco série 400	Abatteuse-groupeuse sur chenilles, sans surplomb arrière, inclinable; portée de 6,5 m	25 000	160
Caterpillar FB300H	Abatteuse-groupeuse sur chenilles avec tête d'abattage à scie circulaire de capacité 24 po; portée d'approximativement 10 m	41 548	154
Risley/Caterpillar 923TK	Abatteuse-groupeuse sur chenilles avec tête d'abattage à scie circulaire de capacité 22 po	32 200	168
Risley/Caterpillar 923MK	Abatteuse-groupeuse sur chenilles avec tête d'abattage à scie circulaire de capacité 22 po, inclinable	33 100	168
Timberjack 850 / Koehring 22TJ	Abatteuse-groupeuse sur chenilles avec tête d'abattage à scie circulaire de capacité 22 po	27 170	153
Timberjack 628 / Koehring 24TJ628	Abatteuse-groupeuse sur chenilles avec tête d'abattage à scie circulaire de capacité 24 po	33 100	174
<b>Débardage</b>			
John Deere 748, modèles E, G et G II	Débardeur à grappin à châssis articulé sur roues, avec grappin à double fonction – ouverture de 305 cm, vitesse maximale de déplacement 25,3 km/h	14 720	129
Caterpillar D5H TSK	Débardeur à grappin sur chenilles à entraînement surélevé; vitesse maximale de déplacement 10,2 km/h	14 031	86,5
Timberjack 660	Débardeur à grappin à châssis articulé, sur roues, avec grappin à arche double – ouverture de 305 cm, vitesse maximale de déplacement 29,2 km/h	16 665	156
<b>Façonnage</b>			
Caterpillar 330B / Lim-mit 2200	Véhicule porteur sur chenilles avec ébrancheuse à mât coulissant et rouleaux		166
Komatsu PC220LC / Lim-mit 2100	Véhicule porteur sur chenilles avec ébrancheuse à mât coulissant et rouleaux		118
Caterpillar 330B / Lim-mit 2300	Véhicule porteur sur chenilles avec ébrancheuse à mât coulissant et rouleaux		166
Caterpillar 320L / Lim-mit 2000	Véhicule porteur sur chenilles avec ébrancheuse à mât coulissant et rouleaux – scie pour correction du gros bout 61 cm; scie d'écimage 23 cm		96
Caterpillar L300B / Lim-mit 2200	Véhicule porteur sur chenilles avec ébrancheuse à mât coulissant et rouleaux – scie pour correction du gros bout 61 cm; scie d'écimage 38 cm		154

## Annexe III

### Éléments de temps pour chronométrage détaillé

Type de machine	Élément de temps	Description
Abatteuse-groupeuse	Rotation à vide	Faire pivoter le mât tout en sélectionnant le prochain arbre à abattre.
	Positionnement et coupe	Positionner la tête contre un arbre et sectionner la tige.
	Rotation en charge	Faire pivoter le mât tout en retenant une ou des tiges sectionnées et les déposer sur le sol.
	Déplacement	Déplacer le véhicule porteur.
	Manœuvre avant	Manœuvrer le véhicule porteur vers l'avant durant le cycle d'abattage.
	Manœuvre arrière	Manœuvrer le véhicule porteur vers l'arrière durant le cycle d'abattage – habituellement pour déposer des tiges coupées dans la bonne pile selon l'essence.
	Empilage	Déposer les tiges coupées en empilements ou en groupes.
	Débroussaillage	Couper les broussailles ou les arbres non marchands.
	Recoupe	Recouper un seul arbre – habituellement pour les arbres à la capacité de la tête d'abattage ou au-dessus.
	Dégagement	Dégager les débris de la tête.
Débardeur	Reconnaissance	Reconnaître le peuplement, la limite d'abattage, ou la ligne centrale du sentier.
	Temps morts	Fonctions non productives d'une durée inférieure à 10 minutes.
	Déplacement à vide	Déplacement non chargé depuis la jetée à un groupe de tiges.
	Accrochage	Manœuvrer le débardeur en position et accrocher des groupes de tiges avec le grappin. Un certain triage peut avoir lieu durant l'accrochage.
	Déplacement en charge	Déplacement depuis l'aire d'accrochage à la jetée avec une pleine charge de tiges.
	Jetée	Toutes les activités à la jetée y compris le tri des billes, le rehaussement de l'empilement et le temps de manœuvre.
	Temps morts	Fonctions non productives d'une durée inférieure à 10 minutes.
	Rotation à vide	Faire pivoter le mât de la façonneuse sans une tige – habituellement depuis l'aire d'empilement jusqu'à la pile de tiges non façonnées.
	Saisie de la tige dans la pile	Sélectionner une tige non façonée dans l'empilement en bordure de route.
	Façonnage	Façonner la tige en la faisant avancer dans les couteaux d'ébranchage, tronçonner la tige en billes et enlever la cime non marchande.
Façonneuse	Rotation en charge	Faire pivoter la tige façonée depuis l'aire de façonnage jusqu'à l'empilement.
	Empilage	Déposer la bille façonée sur l'empilement de billes prêt pour le chargement sur camion.
	Correction du gros bout	Enlever la section non marchande du gros bout d'une tige.
	Déplacement des débris	Enlever les débris de l'aire de façonnage et de l'empilement.
	Déplacement de la façonneuse	Déplacer le véhicule porteur de la façonneuse d'une aire d'empilement à une autre.
	Temps morts	Fonctions non productives d'une durée inférieure à 10 minutes.

## Annexe IV

### Sommaire des données de chronométrage détaillé

Retenue	Type de peuplement				Moyenne pondérée
	<i>Ddom</i>	<i>DdomU</i>	<i>Mixed</i>	<i>Cdom</i>	
Abattage (min/arbre, d'après chronométrage détaillé)					
0%	0,30	0,25	0,49	0,36	0,32
10%	0,37	0,32	0,60	- <sup>a</sup>	0,47
20%	0,39	0,35	0,57	0,68	0,51
50%	0,44	0,36	0,63	0,68	0,54
75% <sup>b</sup>	0,45	0,34	0,66	0,86	0,56
Moyenne pondérée	0,38	0,32	0,62	0,65	0,47
Abattage (m <sup>3</sup> /min, d'après chronométrage détaillé)					
0%	2,23	1,48	2,00	2,18	1,98
10%	1,82	1,28	1,70	- <sup>a</sup>	1,67
20%	1,44	1,19	2,05	1,25	1,70
50%	1,78	1,09	1,66	1,80	1,59
75% <sup>b</sup>	1,67	1,33	1,77	1,77	1,70
Moyenne pondérée	1,85	1,28	1,94	1,78	1,78
Débardage (min/cycle @ 150 m)					
0%	5,51	4,65	7,32	6,47	6,01
10%	6,06	4,21	6,98	8,39	6,81
20%	4,51	4,81	7,14	9,01	6,14
50%	6,01	5,83	7,80	6,09	6,38
75%	- <sup>a</sup>	5,20	8,16	6,07	6,81
Moyenne pondérée	5,67	4,96	7,30	7,01	6,30
Débardage (m <sup>3</sup> /min @ 150 m)					
0%	1,40	0,93	0,88	0,94	1,02
10%	1,13	1,19	0,51	0,72	0,96
20%	1,20	1,04	1,09	0,49	0,92
50%	0,94	0,89	0,52	0,56	0,93
75%	- <sup>a</sup>	1,60	0,78	0,44	0,83
Moyenne pondérée	1,25	1,02	0,93	0,85	1,02

<sup>a</sup> Données insuffisantes.

<sup>b</sup> Toutes les données du premier passage combinées.

## Annexe V

### Sommaire de productivité par poste de travail

Retenue	Type de peuplement				Moyenne pondérée
	<i>Ddom</i>	<i>DdomU</i>	<i>Mixed</i>	<i>Cdom</i>	
<b>Abattage (m<sup>3</sup>/HMPv)</b>					
0%	60,6	36,7	44,4	50,4	48,8
10%	58,4	36,9	43,2	61,6	49,6
20%	48,0	33,8	42,7	37,4	40,3
50%	58,3	32,3	44,8	33,2	45,6
75%	53,6	33,8	55,0	49,0	47,8
Moyenne pondérée	55,8	34,9	47,1	45,2	45,6
<b>Débardage (m<sup>3</sup>/HMPv)</b>					
0%	41,2	59,2	38,2	30,6	42,7
10%	47,4	55,5	28,2	26,0	40,3
20%	44,2	44,3	24,3	25,8	34,7
50%	43,0	40,6	29,0	29,6	36,2
75%	29,6	43,5	26,2	34,4	33,4
Moyenne pondérée	41,1	48,6	28,5	29,3	37,3
<b>Façonnage (m<sup>3</sup>/HMPv)</b>					
0%	39,7	44,2	36,8	32,3	38,4
10%	34,8	41,3	42,7	31,0	38,0
20%	34,0	37,8	37,0	33,9	36,9
50%	50,0	43,9	48,0	32,7	42,8
75%	57,1	38,8	32,6	32,9	39,5
Moyenne pondérée	43,1	41,2	38,9	32,7	39,0

## Annexe VI

### Coûts par phase d'après les données par poste de travail

Retenue	Type de peuplement				Moyenne pondérée
	<i>Ddom</i>	<i>DdomU</i>	<i>Mixed</i>	<i>Cdom</i>	
<b>Abattage (\$/m<sup>3</sup>)</b>					
0%	2,53	3,99	3,27	3,02	3,19
10%	2,75	4,01	3,54	2,54	3,25
20%	3,12	4,54	4,07	4,07	3,94
50%	2,50	4,49	3,28	5,20	3,92
75%	3,01	5,12	3,10	3,22	3,61
Moyenne pondérée	2,78	4,43	3,43	3,69	3,60
<b>Débardage (\$/m<sup>3</sup>)</b>					
0%	2,76	1,98	2,68	3,40	2,71
10%	2,15	2,14	3,52	3,91	2,87
20%	2,62	2,84	3,63	4,15	3,31
50%	2,64	2,82	3,67	3,45	3,10
75%	3,47	2,85	3,96	3,11	3,40
Moyenne pondérée	2,73	2,53	3,54	3,60	3,08
<b>Façonnage (\$/m<sup>3</sup>)</b>					
0%	3,35	3,06	3,72	4,02	3,52
10%	3,85	3,03	2,99	4,36	3,48
20%	3,61	3,50	3,72	3,78	3,65
50%	2,73	2,88	2,57	3,89	3,11
75%	2,27	3,44	3,81	3,92	3,42
Moyenne pondérée	3,23	3,18	3,40	3,97	3,44
<b>Coût total en bordure de route (\$/m<sup>3</sup>)</b>					
0%	8,63	9,03	9,67	10,44	9,41
10%	8,75	9,18	10,05	10,81	9,60
20%	9,34	10,88	11,41	12,00	10,89
50%	7,87	10,19	9,52	12,54	10,12
75%	8,74	11,41	10,86	10,25	10,43
Moyenne pondérée	8,73	10,14	10,38	11,26	10,11