

**Assemblage de rapports
de différentes activités de recherche
menées dans les Hautes-Laurentides et en Outaouais
concernant
l'approvisionnement en biomasse forestière**



Activité	Page
Étude de scénarios d’approvisionnement de biomasse forestière	3
Récolte intégrée de bois destinés à la production de granules	12
Essais préliminaires de récolte par arbres entiers de biomasse forestière au secteur Basketong	25
Essais d’un traitement d’éclaircie commerciale et de récolte de biomasse énergétique à St-Sixte	40

Étude de scénarios d’approvisionnement de biomasse forestière

Rapport de contrat RC-528.1

par

**Philippe Meek
Vincent Roy
Sylvain Volpé**

2010

Réservé au personnel de FPIinnovations, Division Feric et aux coopérateurs au contrat

CONFIDENTIEL

Introduction

Le présent rapport est présenté sous la forme d'un ensemble de tableurs Excel. Ceci permet à l'utilisateur de parcourir les résultats rapidement et d'utiliser ses propres hypothèses pour les secteurs identifiés ou décrire de nouveaux secteurs, de nouveaux traitements, etc. Toutefois, certaines formules et paramètres de calculs sont masqués pour permettre à FPInnovations de conserver l'intégrité des résultats obtenus pour un contexte donné évitant ainsi une utilisation inappropriée par interpolation. Le tableau Sommaire sert à consulter rapidement les tableurs d'analyse des scénarios. Les fichiers suivants constituent l'ensemble du livrable prévu au mandat.

- Rapport 528.1 SBL.doc
- Sommaire.xls
- Scenario etude - Baskatong Sud.xls
- Scenario etude - Papineauville.xls
- Scenario etude - Tapani.xls
- Scenario long terme - Baskatong Sud.xls
- Scenario long terme - Papineauville.xls
- Scenario long terme - Tapani.xls

Contexte :

La biomasse forestière est susceptible de devenir une source énergétique appréciable dans les régions des Laurentides et de l'Outaouais. Cependant, les coûts d'approvisionnement sont critiques pour assurer une utilisation rentable de cette fibre. Seule une analyse détaillée de différents scénarios d'approvisionnement peut permettre de distinguer les moyens menant à cette rentabilité. Pour la présente analyse, un ensemble de paramètres sont considérés : la nature de la fibre récoltée, le degré d'intégration aux récoltes traditionnelles, des modifications mineures ou majeures aux processus sylvicoles habituels, le recours à un centre de valorisation satellite, etc. Le choix des scénarios d'approvisionnement étudiés a été fait en considérant les produits de fibre bioénergétique parmi les suivants :

- Branches en vrac avec ou sans feuilles dans un camion à benne
- Branches alignées avec ou sans feuilles dans un camion à piquets
- Ballots de branches
- Conteneur de branches
- Copeaux de bois blanc
- Copeaux avec écorce provenant d'arbres entiers avec ou sans feuilles
- Copeaux avec écorce provenant de troncs entiers
- Résidus broyés avec ou sans feuilles
- Arbres entiers broyés avec ou sans feuilles
- Troncs entiers, billots ou billons broyés
- Billots selon formats traditionnels (bois d'œuvres, pâtes, tronçons améliorés, etc)
- Troncs entiers en longueur

Les scénarios retenus par les partenaires ont été choisis parce qu'ils présentaient un bon potentiel d'implantation dans les régions des Laurentides et de l'Outaouais. Ils impliquent des variations de systèmes de récolte qui sont en usage ou ils sont susceptibles de permettre des récoltes efficaces de biomasse dans un contexte de coupe partielle.

1. Arbres entiers avec tronçonnage en bordure de route-Biomasse en bordure de route
2. Arbres entiers avec façonnage en bordure de route-Biomasse en bordure de route
3. Bois courts-Biomasse en forêt
4. Système de récolte: Troncs entiers- Écimage manuel
5. Système de récolte: Troncs entiers-Écimage mécanisé
6. Système de récolte: Bois tronçonné/tronçons améliorés-Écimage mécanisé
7. Arbres entiers avec déchiquetage en bordure de route- Biomasse en bordure de route

L'étude de ces scénarios considère les conditions forestières de 3 chantiers choisis par les partenaires pour représenter trois ensembles de conditions typiques. Le secteur Tapani présente les conditions d'une jeune forêt facilement accessible où les traitements de coupe partielle visent le développement à long terme de tiges de qualité. Le secteur Baskatong présente les conditions d'une forêt mature pour des interventions de jardinage ou de coupe progressive. L'accès est plus difficile, mais les gros arbres récoltés sont typiques des opérations de récolte usuelles en forêt feuillue. Le secteur Papineauville est très proche d'un centre d'utilisation de la fibre, mais la forêt est immature et les arbres sont de dimensions moyennes. Le traitement qui y est proposé peut aussi contribuer à bonifier les approvisionnements régionaux.

Le rapport d'étude prend la forme de tableurs Excel où sont considérés les éléments de coûts directs et indirects des produits traditionnels et de biomasse pour chacun des chantiers à l'étude. Il est avantageux d'utiliser ce type d'outil paramétrable aux différents chantiers. La possibilité de modifier les hypothèses utilisées permet de facilement mettre les fichiers à jour avec des informations nouvelles.

Utilisation des tableurs.

Pour utiliser les tableurs, il faut sauvegarder le fichier *Sommaire.xls* et les fichiers *Scénarios* dans un même répertoire. Au total, 7 tableurs différents sont présentés. On retrouve deux tableurs par chantier : des scénarios considérant des déploiements stabilisés (échelle opérationnelle) et des scénarios présentant des renseignements utiles à une mise en place d'envergure modérée (échelle d'étude). Ces derniers ont été pondérés avec des facteurs reflétant les habituelles inefficacités d'une période de rodage. À chaque tableur, les sept scénarios à l'étude sont présentés sur la base d'hypothèses communes pour décrire la forêt à chaque site. Les résultats sont présentés au tableur sommaire qui est lié avec les 6 autres tableurs. L'utilisateur peut choisir des scénarios particulièrement intéressants et en ajuster rapidement les coûts dans un deuxième tableau (figure 1). Il peut ainsi mieux considérer les conditions habituelles locales d'opérations pour améliorer la pertinence de l'analyse.

		Intrants		Coûts estimés selon FPIinnovations		
Secteur	Réalité	Scénario choisi			Coût total des produits marchands (\$/m3)	Coût total de la biomasse (\$/tnv)
Baskatong Sud	Étude	1			58.37	30.71
	Opérationnelle				49.80	26.70
Tapani	Étude	2			88.79	42.41
	Opérationnelle				72.82	37.36
Papineauville	Étude	3			58.23	44.17
	Opérationnelle				49.43	37.40
		Ajustement		Coûts estimés avec ajustement de la Coop		
Secteur	Réalité	%	\$/m3	\$/tnv	Coût total des produits marchands (\$/m3)	Coût total de la biomasse (\$/tnv)
Baskatong Sud	Étude				58.37	30.71
	Opérationnelle				49.80	26.70
Tapani	Étude				88.79	42.41
	Opérationnelle				72.82	37.36
Papineauville	Étude				58.23	44.17
	Opérationnelle				49.43	37.40

Figure 1 . Saisie d'écran pour le sommaire des coûts d'approvisionnement pour une coupe partielle dans la forêt feuillue de l'Outaouais/Laurentides

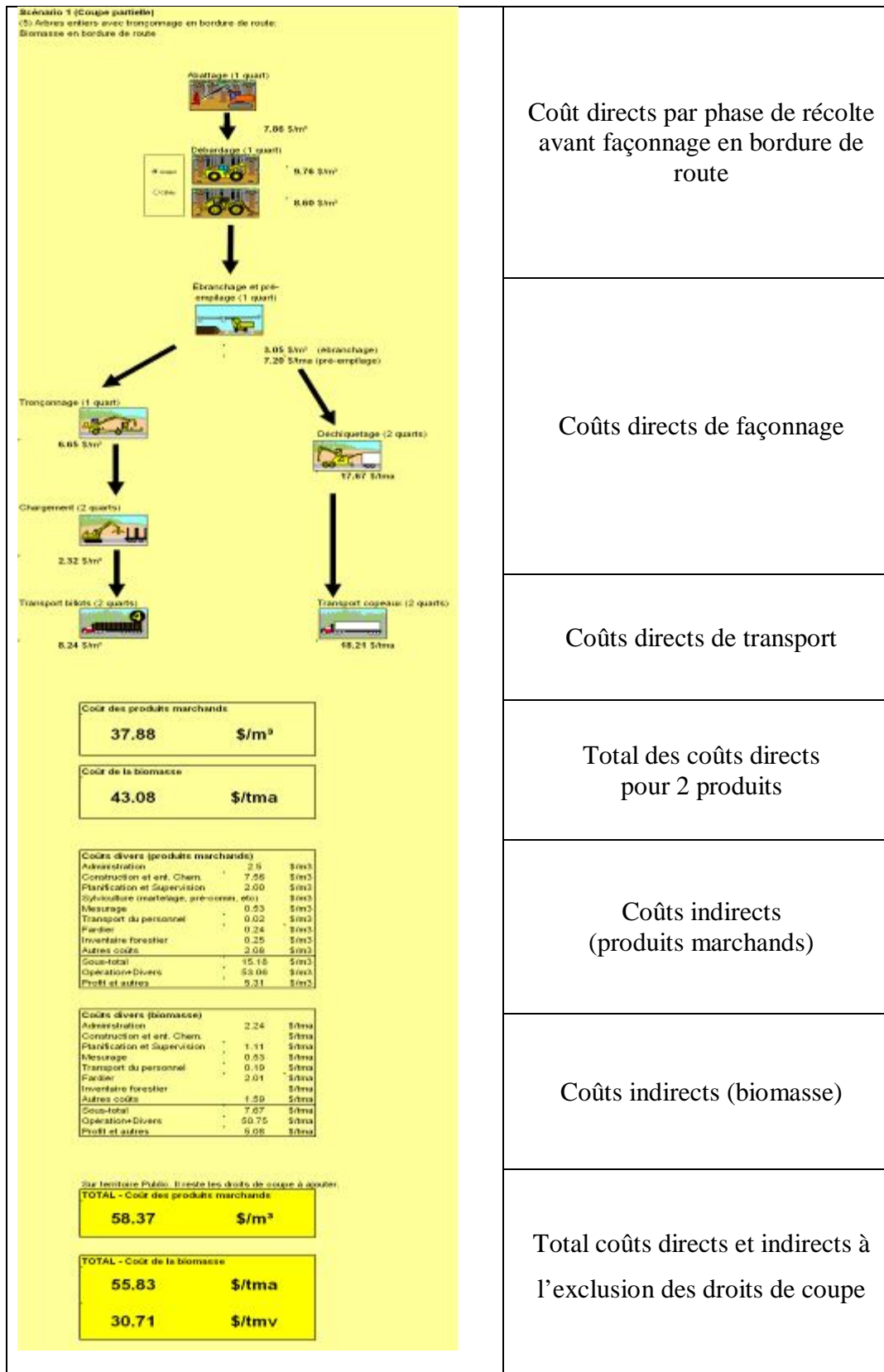
Les 6 autres tableurs fournis sont composés de deux onglets. Le premier onglet illustré à la figure 2 permet de décrire les conditions du site et du peuplement choisi. Il convient d'indiquer aux cellules teintées de jaune-mat, les informations relatives aux volumes, aux systèmes de récolte, aux taux applicables et aux distances de transport par catégorie de chemin. Les proportions des essences à considérer sont aussi indiquées dans ce même onglet. Certaines cellules sont inactives et les cellules en blanc peuvent avoir été protégées.

Entrées requises Surface (ha) 76 Volume total (m ³ /ha) 177 Volume moyen par tige récolté (m ³ /t) Densité (t/ha) récolte 103 Diamètre d'éclaircie (cm) 10 Distance maximum de débarquement (m) 100 Taux d'humidité (%) 45 Système de récolte Bois tronçonné Taux de récupération 44% Intensité de récolte (%) - Bois marchands 30%		Distance de transport (du chantier à Mont Laurier) Route P+6a 16.7 km Route classe 1 0 km Route classe 2 25.5 km Route classe 3+ 9.1 km Total 55.7 km			
		INFOS Opération bois court avec porteur (scénario 3) Surlettre public Seulement martelé (composition classique/ martelage classique) Volume (estimé) 00 m ³ /ha sciage 84 m ³ /ha pâte 152 m ³ /ha sciage			
Composition en essence	Proportion	Volume marchand (m³/ha)	Volume marchand récolté (m³/ha)	Biomasse disponible (t/ha)	Biomasse récupérée (t/ha)
Softwood		70	0	700	0
Black Spruce		5.3	1.5	3.25	3.10
White spruce	3%	0	0	0	0
Other softwood		0	0	0	0
Balsam fir	2%	3.5	1.1	3.15	3.05
Jack Pine		0	0	0	0
White Pine		0	0	0	0
Red Pine		0	0	0	0
Larch		0	0	0	0
Cedar	5%	10.9	3.2	3.3	3.14
Hemlock	7%	2.4	3.7	3.55	3.25
Softwood total	18%	37	10	1.3	0.6
Hardwood					
Limbing aspen	1%	1.0	0.5	0.0	0.0
Limbing poplar		0	0	0	0
Balsam poplar		0	0	0	0

Figure 2 . Saisie d'écran partielle pour un formulaire d'entrée de données pour le site Basketong sud

Le deuxième onglet de chacun des tableurs se présente comme une suite de 7 colonnes présentant les résultats pour les 7 scénarios à l'étude. La figure 3 donne un exemple de résultats pour un site, pour un scénario en conditions d'implantation expérimentale à petites échelles. Le scénario est identifié par le numéro dans le cadre de cette étude et par le numéro de référence de BiOS®

La partie supérieure présente les coûts directs par phase de récolte. On retrouve ensuite les éléments de coûts indirects et le total des coûts directs et indirects à l'exclusion des droits de coupe. Les frais indirects peuvent être partagés pour les 2 types de produits selon les hypothèses qui apparaissent les plus pertinentes. Chaque cellule de cet onglet peut être modifiée par l'utilisateur pour considérer une hypothèse différente de celle présentée par FPInnovations. Il faut prendre soin de modifier les cellules sur une copie de sauvegarde seulement, puisque les formules de calculs ne sont pas disponibles après modification.



Coût directs par phase de récolte avant façonnage en bordure de route

Coûts directs de façonnage

Coûts directs de transport

Total des coûts directs pour 2 produits

Coûts indirects (produits marchands)

Coûts indirects (biomasse)

Total coûts directs et indirects à l'exclusion des droits de coupe

Résultats .

Les tableaux qui présentent les résultats les plus pertinents sont ceux qui décrivent les scénarios à long terme pour les trois chantiers. Le même système de récolte propose les coûts les plus bas pour les trois chantiers (voir tableau 1). Les plus faibles coûts sont le résultat d'un système par arbres entiers avec un façonnage sommaire en bordure de route (scénario 2) où le nombre de produits est limité. Ainsi après un abattage-groupage mécanisé et un débardage à grappin des arbres entiers une tronçonneuse peut extraire les billes de sciage des arbres (ou tronçons améliorés) sur la partie libre de branche des arbres. Le reste du tronc et le houppier sont empilés pour un déchiquetage ultérieur. Ce système, comme les autres, a une efficacité proportionnelle au volume moyen des arbres récoltés. Pour augmenter le nombre de produits de sciage ou de pâte, il conviendra d'ajouter un ébranchage mécanisé (scénario 1). Si on vise à produire que des copeaux de pâte et de la biomasse bioénergétique, il conviendra d'utiliser le scénario 7. En général, les systèmes avec traitements de la biomasse en forêt, avant débardage, sont plus dispendieux, mais peuvent être avantageux avec un déploiement logistique élaboré. Le fichier *Sommaire* permet les comparaisons des coûts de systèmes et des résultats par chantier.

L'utilisation de ces informations doit être analysée en regard du nombre de produits, des taux de récupération, de la disponibilité des équipements et des considérations logistiques. Ainsi, l'analyse de cas particuliers avec les tableaux pourra fournir les éléments essentiels requis pour une application éclairée de récupération de biomasse énergétique.

Tableau 1. Résultats des analyses des différents scénarios pour les 3 secteurs étudiés

Secteur	Scénario choisi	Coûts estimés selon FPInnovations	
		Coût total des produits marchands (\$/m3)	Coût total de la biomasse (\$/tmv)
Baskatong Sud	1	49.80	26.70
	2	45.65	26.70
	3	45.11	39.61
	4	48.77	49.38
	5	48.50	59.84
	6	46.26	35.65
	7	51.16	27.92
Tapani	1	88.28	37.36
	2	72.82	37.36
	3	83.34	80.96
	4	77.67	123.68
	5	83.33	122.48
	6	89.08	84.68
	7	84.36	43.41
Papineauville	1	54.51	25.29
	2	48.79	25.29
	3	49.43	37.40
	4	52.22	45.76
	5	52.68	56.06
	6	51.14	33.34
	7	54.83	26.49

Scénario 1: Arbres entiers avec tronçonnage en bordure de route (Déchiquetage)

Scénario 2: Arbres entiers avec façonnage en bordure de route (Déchiquetage)

Scénario 3: Bois courts (Portage et déchiquetage)

Scénario 4: Troncs entiers manuel (Déchiqueteuse mobile)

Scénario 5: Troncs entiers mécanisé (Fagotteuse et déchiquetage à l'usine)

Scénario 6: Bois tronçonné/tronçons amélioré (transport des résidus en vrac)

Scénario 7: Arbres entiers avec déchiquetage en bordure de route: DDC

Récolte intégrée de bois destinés à la production de granules

Rapport d'observations

Décembre 2010

par

Philippe Meek ing.f.,M.Sc.

Chargé de programme adjoint – récolte des bois

Réservé au personnel de FPInnovations, Division Feric et aux coopérateurs au projet

CONFIDENTIEL

© Copyright 2010, FPInnovations, Division Feric

Introduction

La récolte de bois destinés à la production de granule représente un défi particulier en Outaouais. Les bois recherchés sont caractérisés par une teneur en écorce modérée et un contenu en fibre blanche élevé afin de rencontrer les exigences pour des granules de première qualité. Essentiellement, il s'agit de bois de feuillus généralement exempts de pourriture de diamètre au fin bout supérieur à 6 cm. Ils se distinguent des bois habituellement utilisés pour la pâte par une plus grande tolérance pour les défauts de formes tels les longs nœuds, les fourches, les bosses ou les courbes. La contamination par une quantité modérée de feuilles et de branches fines est moins critique. Ils peuvent être déchiquetés sans écorçage préalable et les assortiments peuvent être composés d'essences diverses. Ces caractéristiques suggèrent que la production de ces bois peut être complémentaire à la production d'assortiments traditionnels de bois d'œuvre et de pâte.

Produits forestiers Lauzon a un intérêt résolu pour cette source de fibre en complément aux résidus d'usinage pour la production de granules de qualité. Deux options d'approvisionnement à bas coût pourraient s'intégrer spontanément dans la chaîne de production habituellement utilisée dans la région. La première consisterait à utiliser toutes les rognures du tronçonnage qui sont abandonnées lorsqu'il est fait en bordure de chemin. Il faudrait transporter les troncs entiers vers les installations centralisées de tronçonnage où ces rognures deviendraient disponibles pour utilisation. La figure 1 illustre des rognures de tronçonnage observées à Thurso. Une deuxième approche facilement intégrée serait une modification aux directives d'écimage pour augmenter les volumes récoltés avec des portions de la cime habituellement impropres aux bois de pâte. Il y a toutefois deux éléments à vérifier : les frais supplémentaires d'écimage et de débardage ainsi que les risques de perdre la conformité aux règles sylvicoles applicables.



Figure 1 . Rognures de tronçonnage dirigée habituellement laissées en forêt à titre de résidus. Elles sont écorcées et déchiquetées si le tronçonnage est fait dans la cours de l’usine de PF Lauzon

Objectifs :

1. Déterminer le volume des rognures de tronçonnage fait en bordure de route en proportion du volume de bois débardé
2. Évaluer les coûts de directives d’écimage permettant d’augmenter les volumes de bois de granule extrait de la cime des arbres abattus

Méthodes

Afin d’estimer le volume des rognures de tronçonnage, 2 sites de tronçonnage ont été observés à la fin de novembre et au début décembre 2010 : la cours de l’usine de Thurso et un chantier en forêt (Secteur Stall). Les observations ont été faites dans la cours à bois de PF Lauzon impliquant le travail d’une tronçonneuse mobile pour le traitement de 50 tiges d’érable à sucre et de bouleau jaune. Tous les

produits du tronçonnage ont été mesurés en détails en notant les diamètres de chaque bout par classe de deux cm et par la longueur au centimètre près. En forêt, le travail d'une tronçonneuse mobile en bordure de chemin a permis d'étudier le tronçonnage de 41 tiges. Les produits ont été dénombrés par classes de produit. Le mesurage d'échantillons pour chaque classe a permis d'établir le volume moyen par produits. Le ratio d'échantillonnage était élevé ; plus de 80 % des produits ont été mesurés. Tous les produits n'étaient pas disponibles pour mesurage compte tenu de la forme des empilements. Au cours des observations en forêt, la tronçonneuse était particulièrement occupée à séparer les produits du débardage pour faciliter l'ébranchage mécanisé et le chargement des grosses tiges transportées par troncs entiers vers l'usine. Le nombre de tiges observées a donc été limité.

Pour décrire le travail d'un ouvrier écimeur et pour établir les coûts de directives d'écimage, il a fallu dédier le travail de deux observateurs. Un technicien chronométrait en détails le travail de l'écimeur tandis qu'un autre faisait le mesurage des tiges traitées. Une rencontre avec deux superviseurs de MCForêt (Messieurs Lévesque et Perrier), le propriétaire de l'abatteuse (M. Dufour) et l'ouvrier-écimeur a permis de valider les directives de travail. Il a été convenu que les directives habituellement appliquées au chantier Stall permettaient de maximiser la production de bois de pâte sur l'axe principal de l'arbre. Au delà du fin bout des troncs entiers produits, dans les cimes, on ne retrouve généralement pas des parties d'arbres susceptibles de produire une bille de pâte convenant aux caractéristiques habituellement requises. Par exemple, à la figure 2, les parties indiquées par les flèches jaunes ne sont pas récolter pour la pâte. La branche de gauche est courte et attachée à un nœud complexe tandis que la branche de droite n'est pas dans le prolongement de l'axe de l'arbre. Dans les deux cas, le façonnage habituel suggèrerait de le séparer du tronc entier et il est impossible de les attacher à la charge d'un débardeur à câble sans faire de frais significatifs.

Les directives pour extraire des bois de granules qui ont été discutées et proposées pour évaluation se résument par trois règles :

- Diamètre minimum de 10 cm
- Toutes les parties de l'arbre doivent être attachées à l'axe principal du tronc entier.
- Les ajouts sur l'axe de la tige ne doivent pas produire une cime de plus de 2 m de large.

Ainsi il semblait que le nombre de branches fines à couper est limité. Aucun effort supplémentaire ne serait requis pour débarder les bois de la cime. Les chargements de débardeur pourraient demeurer étroits évitant d'endommager excessivement les tiges résiduelles. Pendant les observations du travail de l'écimeur, de nombreuses pruches du Canada et de sapin baumier ont été façonnées. Le temps dédié à ces arbres n'a pas été considéré aux résultats. De plus, le terrain difficile a limité les déplacements de l'abatteuse, l'ouvrier sous observation a souvent pratiqué l'abattage.

Aucun échantillon de bois n'a été prélevé pour estimer la densité des produits. Tous les produits de granule observés ont les mêmes caractéristiques que les produits de sciage ou de pâte habituellement observés. De plus, il faut considérer que les estimations de volumes lors des observations de l'écimage sont biaisées par rapport aux méthodes traditionnelles de mesurage. Elles ont été faites en utilisant un modèle de mesurage par tronçons de cône pour la partie entre le pied de l'arbre et le fin bout du tronc entier. La sur-longueur propre au bois de granule a aussi été cubée en tronçon de cône.



Figure 2. Ouvrier-écimeur au travail dans un groupe d'arbres abattus. Les flèches indiquent des portions de la cime qui sont habituellement coupée. Pour la production de bois de granule, ces branches demeureraient attachées à la tige.

Résultats

Tronçonnage

Le tableau 1 présente les résultats des analyses de production des tronçonneuses observées. On retrouve des observations des tronçonneuses mobiles en forêt ou dans la cours de l'usine à Thurso. Il est connu que les tiges traitées en forêt ne sont pas celles traitées à l'usine car il y a séparation des produits. Les critères qui permettent de séparer ces tiges sur la jetée en forêt sont relatifs aux dimensions et aux produits. Sur le chantier à l'étude, lorsque les tiges d'érable et de bouleau jaune sont grosses et

contiennent du sciage et le potentiel d'au moins deux billons, elles sont acheminées à l'usine. Autrement, elles sont tronçonnées en forêt avec les essences secondaires. Les observations ont permis d'évaluer les deux situations. Les résultats indiquent qu'en forêt la proportion du volume des rognures atteignait 7 % du volume total. C'est une source éventuelle de bois pour la production de granules. Pour compter sur cette contribution, il faut assurer le transport des tiges sous forme de troncs entiers vers l'usine. Lorsque le tronçonnage est fait en forêt, ce volume en bois rond n'est pas disponible pour transport compte tenu des équipements habituellement utilisés.

On a aussi constaté que lorsque le site et les tiges à traiter étaient différents, les règles de tronçonnage ne sont pas exactement appliquées de la même manière. À l'usine, l'utilisation des rognures pour la pâte donne une meilleure flexibilité pour l'extraction des sciages et des billons dans les parties les moins volumineuses des tiges. La proportion de rognure à l'usine était de 16 %. Si en forêt on retrouvait la forte proportion de rognures observée à l'usine, c'est la viabilité de toute l'opération de récolte qui serait compromise. A l'inverse, à l'usine la proportion de sciage et de billons est en principe plus élevée qu'en forêt.

Tableau 1 . Résultats des analyses de production des tronçonneuses

Équipement	Tronçonneuse mobile		Tronçonneuse mobile	
Observations	Cours de Thurso		Chantier Stall	
No. de tiges	50 tiges		41 tiges	
Essence	ERS, BOJ		ERS, PRU	
Volume moyen	0.810 m ³		0.772 m ³	
Produits	(m ³)	(%)	(m ³)	(%)
Sciage	16.9	42%	15.0	50%
Pâte	17.2	43%	12.7	43%
Rognures	6.4	16%	2.1	7%
Total	40.5	100%	29.8	100%

Moyenne pondérée*		
	(m ³)	(%)
Sciage	16.1	45%
Pâte	15.4	43%
Rognures	4.7	13%
Total	36.2	100%

*Hypothèse de répartition: 60 % cours, 40 % forêt

Écimage

Au tableau 2, on retrouve les résultats des évaluations volumétriques faites au cours des observations de l'écimage. A la suite de l'établissement des nouvelles directives d'écimage (écimage modifié), le volume estimé par tige a augmenté de près de 4% grâce aux sur-longueurs laissées sur les tiges. L'observateur assigné au mesurage a confirmé que les directives ont été appliquées fidèlement à l'écimage habituel. Pratiquement tout le volume impropre au sciage dans la cime se qualifiait pour la pâte. Lorsque les directives modifiées ont été appliquées, quelques portions de cime supplémentaires auraient pu potentiellement augmenter le volume de bois de granules. Ces portions ont été mesurées et une application plus expérimentée et fidèle des directives modifiées aurait pu permettre d'identifier une proportion plus élevée. Les observations montre que près de 5 % de plus de bois pourrait être récolté pour une production de bois de granules.

Tableau 2. Volume moyen par tige selon les directives habituelles, selon les modifications telles qu'observées ou selon l'application totale des modifications.

		Volume moyen	(%)
Écimage habituel	(m ³ /tige)	0.894	100.0%
Écimage modifié	(m ³ /tige)	0.930	103.6%
Écimage potentiel	(m ³ /tige)	0.938	104.9%

Le tableau 3 présente les analyses des données compilées à la suite des observations de l'ouvrier-écimeur selon les modes de travail. De manière tout-à-fait fortuite, les coûts d'écimage observés étaient identiques pour les deux méthodes. En utilisant les modalités modifiées, l'écimeur n'a pas pu tirer avantage de l'augmentation du volume moyen par tige pour augmenter sa productivité. La productivité en tige par heure a chuté mais le volume par tige a cru de façon inversement proportionnelle. Une part de la chute de la productivité en tiges par heure est liée à l'augmentation de la distance entre les arbres et aux plus grosses cimes à traiter ; une autre part de la chute est liée aux directives. Elles impliquent 10 % plus de traits de scie par arbre. Une augmentation du volume moyen par tige aurait en principe pour effet de diminuer les coûts d'écimage d'environ 10 %, si on assume un effet comparable sur le travail d'un abatteur-écimeur. Puisque le travail d'un écimeur est très peu documenté et qu'aucune courbe de productivité n'est disponible, on a dû ajuster les détails du cycle de travail pour tenter de connaître les effets des variations dues aux variations des directives.

Tableau 3. Résultats des observations du travail de l'écimeur

		Écimage habituel			Écimage modifié		
Durée observations	(HMP)	2.1			3.3		
Volume total	(m ³)	32.0			49.3		
Tiges total		44			53		
Volume moyen	(m ³ /tige)	0.727			0.930		
Productivité	(tiges/HMP)	20.6			16.1		
	(m ³ /HMP)	15.0			15.0		
Taux horaire	(\$/HMP)	33.59			33.59		
Coût écimage	(\$/m ³)	2.24			2.24		
<i>Détails</i>							
		(min/t)	(min/m ³)	%	(min/t)	(min/m ³)	%
Marche		0.99	1.37	34%	1.21	1.30	32%
Ébranche		1.13	1.55	39%	1.49	1.60	40%
Délais opérationnels		0.45	0.62	15%	0.56	0.60	15%
Faire plein/limer		0.34	0.46	12%	0.47	0.51	13%
Total		2.91	4.00	100%	3.73	4.01	100%

Les ajustements théoriques qui sont présentées au tableau 4 tiennent compte des deux méthodes d'écimage qui sont appliquées sur les mêmes tiges. En lien avec les informations du tableau 2, le volume moyen par tige a augmenté de 5 % avec les modalités modifiées. On tient compte que les temps de déplacement, de délais et ravitaillement sont les mêmes pour en moyenne pour les tiges selon les deux méthodes. Les variations du temps d'ébranchage est proportionnelle au fait que les nouvelles directives impliquaient une augmentation de 10 % du nombre de coup de scie par tige. Ainsi le cycle de travail moyen avec les nouvelles modalités est allongé légèrement pour le traitement de tiges légèrement plus volumineuses. Dans l'ensemble, les coûts de traitement sont comparables et on peut conclure que les nouvelles modalités pour la production de bois de granules n'ont pas entraîné d'augmentation notable de coûts d'écimage.

Tableau 4 . Travail de l'écimeur après ajustement du cycle de travail pour considérer les variations de volumes sur les mêmes tiges.

		Écimage habituel			Écimage modifié		
Volume moyen	(m ³ /tige)	0.894			0.938		
Productivité	(tiges/HMP)	16.9			16.0		
	(m ³ /HMP)	15.1			15.0		
Taux horaire	(\$/HMP)	33.59			33.59		
Coût écimage	(\$/m ³)	2.22			2.23		
<i>Détails</i>							
		(min/tige)	(min/m ³)	%	(min/tige)	(min/m ³)	%
Marche		1.21	1.35	34%	1.21	1.29	32%
Ébranche		1.34	1.50	39%	1.49	1.59	40%
Délais opérationnels		0.56	0.60	15%	0.56	0.60	15%
Faire plein/limer		0.51	0.51	12%	0.51	0.51	13%
Total		3.62	3.96	100%	3.77	3.99	100%

Implantation et effets sur les coûts

En regards des informations révélées aux chapitres précédents, il faut comprendre que qu'un volume supplémentaire de fibre, disponible pour une production de bois de granules, pourrait être récolté. Il faut que l'intégration de la récolte permette un tronçonnage centralisé, près du centre d'utilisation. Les estimés de volume de bois de granule fait au cours du mandat sont imprécis car toutes les conditions de chantiers, de tiges, d'opérations n'ont pas été échantillonnées. Toutefois les volumes concernés existent et ils ont été mesurés à titre de sur-longueurs ou à titre de rognures de tronçonnage. Un échantillonnage systématique, important, en cours d'opérations est requis pour faire les évaluations fidèles de ces volumes.

Il faut admettre qu'il n'y aurait que peu de différence de coûts de récolte lorsque des directives seraient appliquées pour la production de granules. En comparaison des modalités habituelles, l'examen montre que quelques étapes de la chaîne de production sont affectées favorablement. Par exemple en appliquant les modèles de coûts d'abattage de FPInnovations, le volume supplémentaire tige par permet de réduire le coût d'abattage de quelques 0.16 \$/m³ de tout les produits du chantier. En général, il est moins coûteux de récolter des arbres plus volumineux. Les étapes d'abattage, de débardage et de tronçonnage peuvent être moins coûteuses si les rognures et les sur-longueurs sont récoltées à titre de produits marchands. Les modalités d'écimage pour extraire des sur-longueurs de bois de granule n'ont pas d'effet sur les coûts d'écimage tandis que le tronçonnage à l'usine en aurait. Les coûts directs de récolte en bordure de route pourrait baisser de 0.72 \$/m³ pour tous les produits du chantier. Une telle baisse de coûts est attribuable aux performances améliorées des équipements lorsque les tiges sont plus grosses. Pour les étapes du transport, un volume moyen par tige plus élevé n'affectera pas les performances car le tonnage supplémentaire doit être assumé sans gain d'efficacité. De manière générale, il est difficile d'attribuer des gains d'efficacité sur les autres coûts de récolte sans analyse particulière. Un gestionnaire d'opérations forestières avisé veillera à distribuer judicieusement les revenus nets attribuables aux nouvelles modalités pour susciter l'intérêt des différents partenaires de la chaîne de production.

**Essais préliminaires de récolte
par arbres entiers de biomasse forestière
au secteur Basketong**

Rapport d'observations

par

Philippe Meek

Chargé de programme adjoint – récolte des bois

Réservé au personnel de FPInnovations et aux coopérateurs au projet

CONFIDENTIEL

Introduction

La biomasse forestière est susceptible de devenir une source énergétique appréciable dans les régions des Laurentides et de l'Outaouais. Cependant, les coûts d'approvisionnement et la disponibilité sont critiques pour assurer une utilisation rentable de cette fibre. Si l'intégration de l'approvisionnement en biomasse forestière à la récolte des produits traditionnels apparaît raisonnable à première vue, il existe des limites importantes lorsque ces récoltes sont associées à des traitements de coupes partielles. La récolte par arbres entiers pose un défi du point de vue des critères de protection des arbres résiduels. C'est particulièrement le cas des traitements jardinatoires où deux critères sont considérés : le taux de blessures et le déclassement éventuel d'un arbre à la suite d'une blessure importante.

Le système de récolte par troncs entiers est utilisé habituellement pour les traitements jardinatoires ou pour les coupes progressives irrégulières appliquées dans la région. Après un abattage à l'aide d'une abatteuse-groupeuse, les arbres sont ébranchés et écimés pour produire des troncs entiers de façon pratique avec un diamètre de 15 cm au fin bout. Des débardeurs à câble sont ensuite utilisés pour transporter les troncs entiers en bordure de route. Les troncs entiers peuvent être tronçonnés sur place ou transportés par camion pour tronçonnage en cours d'usine. Les modifications proposées pendant les présents essais visaient à permettre le débardage d'arbres entiers (avec ou sans ébranchage partiel) vers une jetée aménagée au chemin avant un ébranchage-écimage final. Les troncs entiers et les résidus de l'ébranchage sont empilés séparément à la jetée.

Ce rapport décrit les résultats d'observations faites par le groupe des Opérations forestières de FPInnovations au cours de l'hiver 2009-2010 au secteur Basketong. Les objectifs de l'étude étaient :

- Mettre en œuvre les ajustements du système de récolte pour la récolte de biomasse
- Estimer les coûts de la récolte intégrée des différents produits
- Mesurer les effets de la récolte sur les peuplements résiduels.

Systeme de récolte

Le système de récolte utilisé au cours des essais était un système par arbres entiers avec façonnage de troncs entiers en bordure de route. L'abattage a été fait avec une abatteuse-groupeuse John Deere 753G munie d'une tête d'abattage Gilbert à rotation continue, un type de

machine habituellement observée en coupe partielle de feuillus (figure 1). Pour le traitement de coupe progressive, les sentiers rectilignes favorisent la protection du peuplement résiduel (figure 2). Leur largeur de 5 m permet le débardage des tiges dont la cime a des dimensions de petites à moyennes. Les tiges étaient déposées au sol avec soin pour grouper les tiges de 40 cm (dhs) et moins ensemble afin de faciliter le débardage fait par un débardeur à câble John Deere 640 D. Les tiges de plus de 40 cm (dhs) étaient déposées individuellement pour permettre un écimage partiel par un bûcheron muni d'une scie à chaîne.



Figure 1. L'abatteuse-groupeuse John Deere 753G observée pendant les essais.



Figure 2. Exemple de sentier large et rectiligne implanté pour la coupe progressive afin de réduire le risque de blessure.

La figure 3 illustre l'effet de l'écimage partiel sur les dimensions du bouquet de cimes derrière le débardeur chargé. Ainsi une quantité de biomasse significative était dirigée vers la jetée. On y retrouvait une chargeuse sur roue Caterpillar M320 (figure 4) dont le grappin de chargement était muni d'une scie de tronçonnage (figure 5). Cette scie peut être activée pour couper des branches ou pour

écimer au fin bout pour ainsi façonner les troncs entiers. La chargeuse peut procéder ensuite à l'empilement des troncs entiers à la marge de la jetée. Les résidus du façonnage sont poussés par le débardeur au prochain cycle. La chargeuse était utilisée périodiquement pour augmenter la hauteur de l'empilement de résidus.



Figure 3. Exemple d'un chargement composé de tiges partiellement ébranchées par l'écimeur pour éviter les dommages excessifs aux arbres résiduels.



Figure 4. Débardeur à câble 640D arrivant à la jetée avec des tiges partiellement ébranchées. La chargeuse complète l'écimage, fait l'empilage des tiges et forme les amoncellements de résidus.



Figure 5. Boîtier de la scie de tronçonnage installée sur le grappin de la chargeuse.

Le système utilisé au cours des essais avait une configuration de flux tendu (hot-logging) intégrant le débardage et le façonnage. Sans aucun effort supplémentaire pour optimiser le travail intégré, il semble que la composition du système observé avec un écimeur en forêt, trois débardeurs, une chargeuse et un écimeur à la jetée soit appropriée.

Mesure de la biomasse

À la jetée, des échantillons de cimes ou de branches ont été pesés à l'aide d'une balance portative temporairement attachée au grappin de la chargeuse. En mesurant le diamètre de bout coupé, il a été possible de construire la relation illustrée à la figure 6. Des échantillons de diamètre au fin bout des troncs entiers produits à la jetée et des échantillons de diamètres des branches empilées ont été mesurés. La masse moyenne de branches par tige récoltée a été calculée en pondérant ces diamètres en appliquant la relation de la figure 6. Typiquement, la masse moyenne de branches était de 0,204 tonne métrique anhydre (tma) pour une tige moyenne de 0,701 m³.

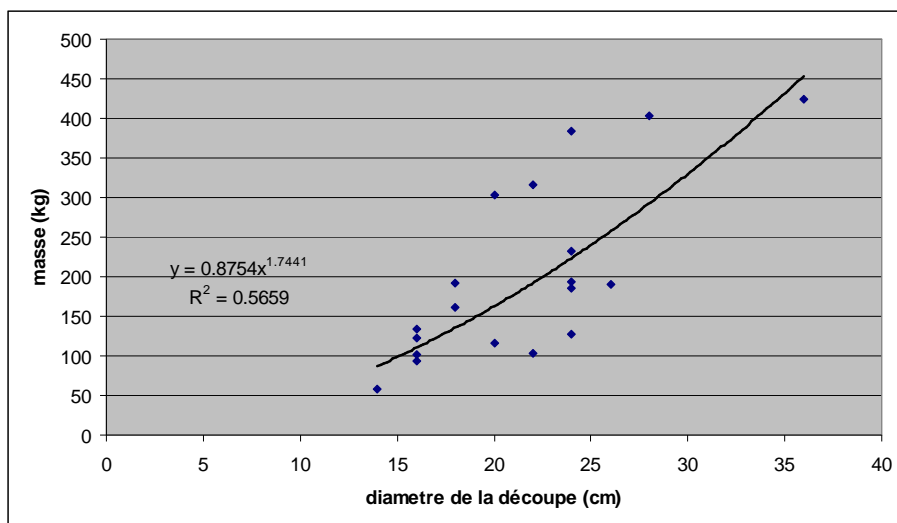


Figure 6. Relation entre le diamètre de branche à la découpe et la masse de la branche.

Coût de la récolte observée

Ce chapitre présente des évaluations de coûts directs pour différentes phases du système de récolte. Elles sont basées sur le calcul de taux horaire dont les hypothèses sont présentées en annexe 1 et sur la productivité mesurée. Ces estimés ne couvrent que les frais directs d'utilisation des équipements à l'exclusion des frais de transport, de planification, de supervision, de camps, des profits ou des autres charges d'entreprise.

Abattage

Le tableau 2 présente les résultats de l'observation de l'abatteuse-groupeuse dans un peuplement traité par coupe progressive. Les performances de l'opérateur (M. Labelle) pour ce traitement appliqué dans un peuplement composé d'arbres de fort volume étaient remarquables. Avec 110 tiges abattues par heure-machine productive (HMP), le coût d'abattage était 37 % inférieur à ce qui est habituellement attendu pour des tiges d'une telle grosseur. On constate que le temps de groupage (et les déplacements pour grouper) occupait tout de même une part importante du cycle de travail puisque les directives d'ébranchage demandaient un soin particulier pour le tri des grosses tiges.

Tableau 2. Résultats des observations de l'abatteuse-groupeuse John Deere 753G dans une coupe progressive.

	Coupe progressive	
Durée de l'observation (HMP)	2,2	
Volume total (m ³)	184	
Masse de branche (tma)	43	
Volume moyen (m ³ /tige)	0,710	
Productivité (tiges/HMP)	119	
Productivité (m ³ /HMP)	84,4	
Taux horaire (\$/HMP)	170	
Coût direct abattage (\$/m ³)	2,01	
<i>détails</i>		
	min/m ³	
Déplacement	0,30	42%
Débroussaillage	0,02	4%
Abattage	0,14	20%
Déplacement pour grouper	0,01	2%
Groupage	0,17	24%
Délais opérationnels (<15min)	0,06	8%
Total	0,71	100%

Débardage

Le tableau 3 présente les informations relatives aux observations du débardeur à câble observé. Les chargements étaient volumineux à 5,3 m³ par cycle grâce au fort volume moyen des tiges débardées. La productivité a été bonne entraînant des coûts de débardage acceptables. Les détails indiquent que le cycle moyen avait des délais de 13 % du temps qui étaient causés par l'attente à la jetée. C'est typique d'un travail en flux tendu (hot logging) qui n'était pas optimisé. Avec trois débardeurs, compte tenu des distances de débardage, une bonne procédure d'assignation des sentiers aux débardeurs pourrait facilement réduire les pertes de productivité liées à l'attente.

On constate aussi en appliquant les résultats du mesurage des produits que le débardage des tiges ébranchées partiellement a permis le transport de 12,3 tonnes métriques anhydres (tma) de branches, soit 1 tma pour 3,5 m³ de bois marchands récoltés (Tableau 4). La charge débardée en moyenne avait une masse de 8,6 tonnes métriques vertes (tmv) à 44 % d'humidité, composée de 5,85 tmv de bois marchand et 2,75 tmv de branches. Il est clair que la capacité du débardeur est affectée par l'excès de masse que constituent les branches. Selon les estimations de l'opérateur, il est plausible que la charge de bois marchand pourrait augmenter passablement. L'évaluation d'un cycle de débardage théorique a été faite en posant les hypothèses une conversion conservatrice de 50 % de la masse des branches en bois marchand et une augmentation du temps de chargement proportionnellement plus long. Une baisse des coûts de débardage de bois marchand de l'ordre de 1 \$/m³ serait envisageable si des troncs entiers de bois marchands avaient été récoltés dans les conditions observées. C'est seulement en ajustant le système de récolte qu'on pourrait profiter d'une baisse de coûts.

Tableau 3. Résultats des observations du débardeur à câble John Deere 640 dans une coupe progressive.

Observations	HMP	2,2
Cycle		8
Distance moy. normalisée	(m)	150
Volume moyen par tige	(m ³)	0,710
Chargement moy.	(m ³)	5,3
Volume total	(m ³)	42,6
Branche totale (44% H ₂ O)	(tma)	12,3
Productivité	(tma/HMP)	27
Productivité	(m ³ /HMP)	19,2
Coût horaire	(\$/HMP)	120
Coût débarbage	(\$/m ³)	6,25

Détails	(min/cycle)	(min/m ³)	(%)
Déplacement à vide	1,51	0,28	9%
Manœuvre	0,66	0,12	4%
Chargement	4,76	0,89	29%
Déplacement pour charger	0,82	0,15	5%
Déplacement en charge	2,91	0,55	17%
Déchargement	3,89	0,73	23%
Délais	2,11	0,40	13%
Total	16,64	3,12	100%

Ébranchage/écimage

Le travail d'ébranchage, d'écimage et d'empilement des produits de la récolte est décrit au tableau 4. Pendant que 3 débardeurs livraient les arbres partiellement ébranchés à la jetée, la chargeuse complétait l'ébranchage et empilait les troncs entiers. Un bûcheron muni d'une scie à chaîne l'assistait à la jetée ; l'ensemble de la tâche d'ébranchage était aussi partagé avec l'ouvrier écimeur en amont du débardage. Le taux horaire utilisé pour le calcul comprend les frais directs de la chargeuse, de son opérateur et les frais directs engagés pour les 2 écimeurs manuels. La chargeuse concentre la production et les coûts de manipulation inscrits au tableau 4 couvrent les dépenses pour plus d'une tâche (écimage, empilage des troncs et des résidus). En comparaison, la production de bois marchands implique des frais typiques d'écimage de 2.50 \$/m³.

Tableau 4. Résultats des observations de la chargeuse Caterpillar au travail à la jetée devant le bloc de coupe progressive.

Durée de l'observation	(HMP)	4,0	
Volume total	(m ³)	140	
Masse branche	(tma)	28	
Volume moyen	(m ³ /tige)	0,652	
Productivité	(tiges/HMP)	54	
Productivité	(m ³ /HMP)	35	
Taux horaire	(\$/HMP)	115	
Coût de la chargeuse	(\$/m ³)	3,28	
Taux horaire avec ouvriers	(\$/HMP)	195	
Coût ébranchage/écimage	(\$/m ³)	5,55	
<i>Détails</i>	(min/tige)	(min/m ³)	(%)
Ébranchage	0,16	0,24	14%
Manipulation des branches	0,24	0,37	21%
Attente débardeur	0,13	0,20	12%
Attente écimeur	0,03	0,04	3%
Déplacement	0,07	0,10	6%
Manipulation des troncs	0,41	0,63	37%
Délais opérationnels	0,08	0,12	7%
Total	1,11	1,71	100%

Coûts en bordure de route

Le tableau 5 présente une synthèse des coûts directs observés pour les différentes phases de récolte des troncs entiers compte tenu de la récolte de biomasse contenue dans une partie des cimes. Bien qu'apparemment faibles à cause des conditions de récolte et de l'adresse des opérateurs, ces coûts directs de récolte sont certainement plus élevés que ceux de la récolte de troncs entiers de manière conventionnelle. Le gain associé à des charges plus substantielles au débardage (1 \$) et une réduction des frais d'écimage (3 \$/m³ environ) aurait pu permettre une réduction d'environ 4 \$/m³ si l'opération n'aurait à considérer que les bois marchands. Les services rendus à la jetée n'auraient pas à être si élaborés. La marge de 4 \$/m³ représente plus de 10 \$/tma de biomasse produite. Ceci est considérable mais se compare tout de même avec un système avec ébranchage mécanisé et empilement en bordure de chemin, un système couramment observé par FPInnovations pour une production de biomasse forestière de même nature.

Tableau 5. Coût directs de récolte en bordure de route des produits.

	Troncs entier (\$/m ³)
Abattage	2,01
Débardage	6,25
Écimage	5,55
Total bord de route	14,06
Profits et autres charges (10%)	1,53
Total	16,84

Effets sur les peuplements résiduels

Le tableau 6 donne une description après récolte des deux peuplements récoltés par arbres entiers (partiellement écimés). Il y avait deux prescriptions différentes et les attentes en termes de protection du peuplement résiduel. On remarque que les deux peuplements avaient une surface terrière résiduelle comparable et que celui traité par CPEI avait une part plus importante de petites tiges, typique de cette prescription. Le tableau indique aussi que le taux de blessures importantes (surface > 100 cm²) sur les grosses tiges (dhp 24 cm et +) étaient comparables. Le taux de blessures, en considérant toutes les tiges marchandes et toutes les dimensions, a atteint 20 % pour le traitement martelé et 23 % pour l'autre. La présence d'un plus grand nombre de petites tiges peut avoir causé cette distorsion entre les peuplements observés.

Il faut aussi garder à l'esprit que les deux traitements n'ont pas la même approche pour la protection du peuplement résiduel. Dans le cas de la CJ, les sentiers étroits, louvoyant et plus fortement espacés sont implantés pour réduire les blessures de débardage par troncs entiers. Il s'agit du compromis développé d'expérience pour le débardage par troncs entiers. Il n'est pas approprié pour des arbres entiers écimés partiellement, car le taux de blessure observé est trop élevé et l'atteinte des objectifs du traitement serait en péril par un fort déclassement tiges composant le capital forestier.

Du côté, de la CPEI, les tolérances aux blessures sont meilleures puisque le potentiel sylvicole ne repose pas sur les grosses tiges mais bien sur le maintien de tiges non-blessées de 10 à 22 cm de dhp. L'exemple documenté montre que l'emploi de débardage par arbres entiers partiellement écimés serait encore approprié pour ce traitement. Nous avons observé qu'il y avait 288 tiges non-blessées de 10-22 cm de dhp d'essences recherchées. Ceci est un nombre suffisant compte tenu des objectifs du traitement. L'emploi d'un indicateur basé sur la proportion de tiges blessées est inapproprié pour la CPEI. Les informations rapportées pour les grosses tiges résiduelles de la CPEI montrent que des sentiers plus rectilignes, plus larges (5.7 m en moyenne), mais moins espacés (23.7 m en moyenne) n'offrent pas une meilleure protection que celles observée en CJ.

Les présentes évaluations des dommages aux arbres résiduels ne pourraient pas constituer une évaluation définitive. En effet, un examen plus élaboré est requis pour couvrir une gamme de conditions de récolte plus étendue et pour évaluer les effets d'ajustements de la procédure d'écimage partielle. Les quantités de branches récoltées, les effets des actions préventives et les coûts associés devront faire l'objet d'évaluation intégrée.

**Tableau 6. Description dendrométrique de deux peuplements
après récolte par arbres entiers partiellement écimés.**

		Coupe jardinatoire martelée (CJ)	Coupe progressive d'ensemencements irréguliers (CPEI)
Densité	tiges/ha	399	506
Surface terrière	m ² /ha	18.6	18.5
Volume marchand	m ³ /ha	143	132
DHP moy	cm	24.4	21.6
Volume moy.	m ³ /tige	0.359	0.261
Blessures importantes (dhp 24 cm +)	% st	14	14.5
Toutes blessures/toutes tiges	% st	20	23

Conclusions

Les évaluations faites dans le cadre de la présente étude indiquent que le système de récolte innovant par arbres entiers écimés partiellement permet des coûts de récolte acceptable de biomasse forestière et de bois marchands. Le système utilisé est souple et ne requiert pas une mécanisation sophistiquée. Il pourrait être utilisé lorsque les conditions se présentent favorablement en termes de traitement sylvicoles, conditions de peuplement, topographie, distances de transport, cédules de livraison, etc. Avec un déploiement opérationnel important, il sera aussi opportun d'étudier les effets sur l'opération de variation de la nature et de la qualité de la biomasse utilisée.

Annexe 1

Hypothèses de calcul des taux d'horaire des équipements observés

	Abatteuse-groupeuse	Débardeur	Chargeuse
	JD 753G / Gilbert	JD640	Caterpillar M320 /Hultdins
<u>INTRANTS</u>			
Vie de la machine (année)	10	10	10
Heures-machines prévues /an	2000	2000	2000
Prix d'achat (\$)	550000	370000	350000
Valeur de revente (\$)	55000	37000	35000
Immatriculation (\$/an)	500	500	500
Assurances (\$/an)	22000	14800	14000
Taux d'intérêt (.%)	10%	10%	10%
Taux d'utilisation (.%)	80%	83%	85%
Coûts de réparation à vie (\$)	550000	370000	350000
Cons. de carburant (L/HMP)	35	20	20
Coût de carburant (\$/L)	1	1	1
Coût de l'huile et lubrifiants	3.00	1.00	2.00
Coût d'opérateur (\$/Hprévues)	27	27	95*
<u>COÛTS FIXES</u>			
Amortissement annuel	\$86 058.97	\$57 894.22	\$54 764.80
Autres coûts annuels	\$22 500.00	\$15 300.00	\$14 500.00
Total / année	\$108 558.97	\$73 194.22	\$69 264.80
Coût / HMP	\$67.85	\$44.09	\$40.74
Coût / Hprévues	\$54.28	\$36.60	\$34.63
<u>COÛTS VARIABLES</u>			
Coût annuel	\$115 800.00	\$71 860.00	\$72 400.00
Coût / HMP	\$72.38	\$43.29	\$42.59
Coût / Hprévues	\$57.90	\$35.93	\$36.20
<u>COÛTS D'OPÉRATEUR</u>			
Coût annuel	\$54 000.00	\$54 000.00	\$190 000.00
Coût / HMP	\$33.75	\$32.53	\$111.76
Coût / Hprévues	\$27.00	\$27.00	\$95.00
<u>COÛT TOTAL</u>			
Grand total par année	\$278 358.97	\$199 054.22	\$331 664.80
Grand total par HMP	\$173.97	\$119.91	\$195.10
Grand total par Hprévues	\$139.18	\$99.53	\$165.83

* incluant le salaire de l'opérateur et des écimeurs munis de scie à chaîne

Essais d'un traitement d'éclaircie commerciale et de récolte de biomasse énergétique à St-Sixte.

Rapport interne

par

Philippe Meek

Chargé de programme adjoint – récolte des bois

Réservé au personnel de FPInnovations, Division Feric et aux coopérateurs au projet

CONFIDENTIEL

Introduction

La biomasse forestière est susceptible de devenir une source énergétique appréciable dans les régions des Laurentides et de l'Outaouais. Cependant, les coûts d'approvisionnement et la disponibilité sont critiques pour assurer une utilisation rentable de cette fibre. Si l'intégration de l'approvisionnement en biomasse énergétiques à la récolte des produits traditionnels apparaît raisonnable à première vue, il existe toutefois des limites importantes lorsque ces récoltes sont associées à des traitements de coupes partielles. La récolte par arbres entiers est un défi difficilement surmontable d'un point de vue des critères de protection des arbres résiduels. C'est particulièrement le cas des traitements jardinatoires ou les coupes progressives où des critères de protection du peuplement résiduels. La viabilité de la récolte de la biomasse est aussi éprouvée par l'éloignement important des secteurs d'intervention où se récoltent principalement les produits de déroulage et de sciage.

Les caractéristiques des produits de biomasse forestière sont importantes pour la détermination des valeurs économiques et de la disponibilité de cette biomasse. Lorsque les produits recherchés sont des branches et des parties du houppier inférieures à 9 cm, les manipulations pour la récolte sont importantes et coûteuses de la même manière qu'elles le sont pour les portions de pâte de dimensions variant de 9 à 16 cm.

Ce rapport décrit les résultats d'observations conduites au cours d'essais dont les objectifs sont de contourner les problèmes particuliers de protection, d'éloignement en récoltant des produits bioénergétiques facilement disponibles. Au cours des essais, des équipements de récolte par bois tronçonnés ont été utilisés (voir planches photographiques A1 et A2). Ils sont reconnus pour éviter les blessures aux arbres laissés sur pied, car les porteurs de bois courts sont plus agiles à contourner les arbres que les débardeurs de bois longs. Ces derniers frottent régulièrement les arbres bordant les sentiers avec leurs longues charges d'arbres entiers.

Le traitement proposé pour ce projet est une éclaircie commerciale (voir planche photographique A3) destiné à de peuplement non-mature de feuillus, typiquement des érablières équiennes issues de coupes totales. Ces peuplements sont fréquents sur forêts publiques près de l'usine de pâte de Thurso. Au cours des premiers déploiements du débardage mécanisé dans les années 60, de nombreux peuplements ont été traités par coupe totale. En plus de leur proximité, ces peuplements se prêtent facilement à l'éclaircie commerciale car la densité résiduelle recherchée est faible (environ 300 t/ha). Ainsi la méthode testée permet des manœuvres d'équipements de récolte efficaces. L'introduction de ce

nouveau traitement dans les modèles de gestion suggère des effets importants de possibilité forestière avec un prélèvement d'assortiments de faible qualité bien avant ce que les aménagements traditionnels considèrent. Ultimement, la sélection des tiges produira un grand nombre de tiges de qualité relativement libre de compétition pour une production accélérée de produits de sciage et déroulage.

Finalement, les produits récoltés au cours des essais correspondent très adéquatement aux produits recherchés chez Produits forestiers Lauzon : des billons (diamètre minimum cible à 15 cm) et des bois pour la production de granules (diamètre minimum de 6 cm). La figure A4 illustre bien les caractéristiques de ce produit destiné au déchiquetage. Les branches n'ont pas à être rasées près du tronc. Les longueurs peuvent varier et la rectitude des billes n'est pas obligatoire. Les abatteuses-façonneuses de dimensions moyennes (têtes multifonctionnelles à ouverture de 45 cm) peuvent aisément façonner ces produits lorsque les arbres à récolter dans les peuplements cibles sont de dimensions modestes, inférieures à 0.4 m³/tige. Ainsi, les nombreux équipements habituellement utilisés en CPRS de forêts résineuses peuvent être mis à contribution.

FPInnovations-Division des opérations forestières a documenté dans le cadre des essais le traitement implanté dans une forêt privée de la région de Saint-Sixte en Outaouais à l'hivers 2010. Les effets du traitement sur la structure du peuplement sont analysés. La productivité des équipements a été estimée et sert à l'évaluation des coûts de production.

Méthode

Le tableau 1 décrit les directives données à l'opérateur de l'abatteuse-façonneuse pour l'éclaircie commerciale. Même si l'abatteuse engagée a une largeur et une portée de flèche utiles à l'éclaircie commerciale de résineux, ces directives peuvent facilement être implantées par des machines d'une largeur plus importante avec un surplomb de tourelle moins favorables. La zone de sélection de tiges de 5 m de largeur peut être traitée avec une abatteuse dont la portée de flèche est 7.5 m. La figure 2 résume cette disposition de sentier et on remarque qu'il n'y a aucun prélèvement prévu sur une zone d'une largeur de 5 m intercalée entre deux zones de sélection. La désignation de cette zone permet un espacement plus généreux entre les sentiers. Elle tient aussi compte du taux de prélèvement ciblé de 30 ou 35 %. Il convient alors de bien appliquer les directives de sélection près du sentier et de couper prioritairement les tiges défectueuses. L'expérience de FPInnovations en forêt résineuse permet cette suggestion car les objectifs d'augmentation de la qualité ne sont pas compromis. Avec cette cible de

taux de prélèvement, les peuplements traités par éclaircie contiennent toujours une part significative d'arbres défectueux. Cette disposition permet alors une meilleure efficacité de l'abatteuse et une protection accrue des arbres résiduels.

La sélection de tiges à récolter dans les zones appropriées doit viser prioritairement les arbres qui ne sont pas susceptibles de contribuer adéquatement aux peuplements matures. Ainsi le bois mort peut contribuer aux produits énergétiques, ainsi que les essences peu longévives dont les marchés sont aléatoires dans cette région. Le maintien de ces éléments dans les zones sans récolte aura éventuellement des fonctions écologiques désirables.

Jusqu'à l'atteinte de l'espacement désiré, les arbres qui portent des défauts remarquables depuis la cabine de l'abatteuse sont abattus. La classification opérationnelle développée par FPInnovations intègre les moyens réduits à la disposition de l'opérateur pour la sélection de tige. L'opérateur porte son choix si les défauts sont visibles et la supervision peut confronter son choix en utilisant les mêmes critères. Si aucune tige ne porte visiblement un défaut, le choix vise ultimement sur les petites tiges, comme suggèrent des processus sylvicoles habituels de l'aménagement équienné.

Tableau 1 . Directives données à l'opérateur de l'abatteuse-façonneuse pour la conduite de l'éclaircie commerciale

Sentier de débardage	
Largeur moyenne (m)	4.5 m (tolérance 4-5 m)
Espacement moyen (m)	20 m (tolérance 17 – 23 m)
Densité recherchée sur bandes de 5 m de chaque côté du sentier	
Espacement entre les tiges	5 m (Tolérance 3.5 – 6 m)
Priorité d'abattage	
Vigueur	1) Arbres morts < 30 cm
Essences	2) Hêtre, Sapin, Peuplier
Arbres avec défaut (4 faces)	3) Fourche et courbe < 8 m, incliné, courbe < 8 m
Arbres avec défaut (2 faces)	4) Fente, champignon, etc.
Diamètre	5) Petit diamètre

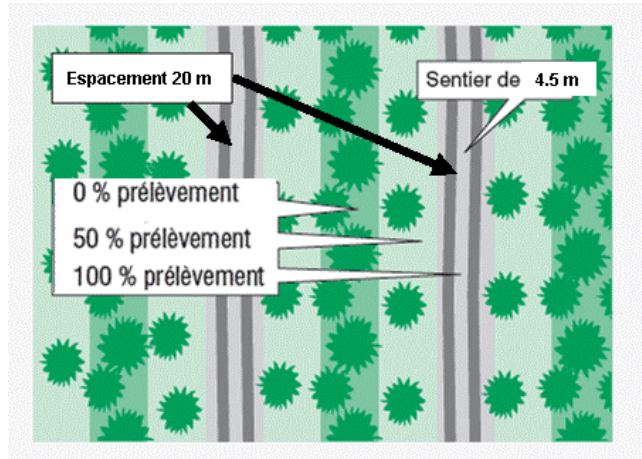


Figure 1 . Disposition du réseau de sentiers pour la conduite de l'éclaircie commerciale. Les zones avec un prélèvement de 50 % sont traitées selon les directives du tableau 1.

Résultats

Structure du peuplement

Le tableau 2 décrit la structure de la forêt traitée. Les résultats montrent que le taux de prélèvement a atteint la cible choisie. Cette performance si exacte est probablement le fruit du hasard mais elle révèle le bien fondé de l'ajustement obligatoire des directives en regards des conditions préalables. De plus, la régularité de la structure du peuplement a probablement fortement contribué à ce résultat. Nous remarquons que les caractéristiques dimensionnelles moyennes des tiges récoltées sont semblables à celles des arbres avant traitement. C'est donc que de gros arbres portaient des défauts et leur récolte compensait en dimension les petites tiges récoltées. La précision de cette évaluation semble très satisfaisante puisque l'évaluation du volume moyen par tige récoltée dans les parcelles est à moins de 8% de celle faites au mesurage d'un grand nombre de billes produites.

Les proportions des essences ont légèrement variées. On retrouvait moins de chêne et plus d'érables. Près de 20 % de la surface terrière récoltée étaient composés d'essence moins recherchée, autres que le chêne et l'érable. La proportion de ces essences sur pied a diminué de moitié avec l'application du traitement conformément avec les directives données à cet égard.

D'un point de vue de la qualité, l'évaluation avant traitement indiquait que seulement 20% des arbres portaient des défauts importants. Sur une base opérationnelle, il conviendrait d'utiliser des critères plus

sévère pour détecter plus facilement des arbres cible. Il est difficile d'augmenter la proportion d'arbres vigoureux lorsque 8 % des arbres ont des défauts facilement détectables et seulement la moitié de Q2 sont repérables aisément. Les arbres de mauvaise qualité sont des éléments plutôt rares en utilisant ces critères avant traitement. Tout de même, près de 30 % des tiges récoltées étaient de qualités inférieures. Une blessure d'opération de plus de 100 cm² d'écorce arrachée entraînait automatiquement une classe de qualité inférieure.

La méthode utilisée pour évaluer le dégagement des couronnes détermine pour chaque arbre de l'inventaire le pourcentage de quatre quadrants où un arbre voisine l'espace aérien autour de l'arbre évalué. Ainsi si une tige est dégagée à 50 %, c'est que deux des quatre cotés de la couronne n'ont pas de compétition immédiate (au moins 1 m entre les cimes). Les arbres du peuplement avaient en moyenne avant traitement aucun dégagement des couronnes. Le couvert était fermé et les arbres étaient fortement en compétition. Après traitement, à la faveur de l'abattage, 51 % de la surface terrière étaient composée d'arbres sans défaut important dont les cimes sont dégagées sur au moins deux cotés. La plupart des arbres bordant les sentiers étaient dégagés sur au moins deux faces. Si au moins une face dégagée constitue une amélioration des conditions de croissance, c'est plus des trois quarts de la surface terrière du peuplement qui est composée d'arbres de bonne qualité en situation de croissance améliorée. En nombres absolus, avec 324 tiges Q1 dont 204 sont dégagées à plus de 49 %, le peuplement satisfait avantageusement aux conditions recommandées de nombreux guides sylvicoles applicables à ces essences.

Tableau 2. Description du peuplement pendant les observations détaillées de l'abatteuse.

Inventaire de recherche opérationnelle (n=8)					
		avant	Après	%	récolté
Densité	t/ha	577	380	-34%	197
Surface terrière	m ² /ha	24.0	16.0	-33%	8.0
Volume marchand	m ³ /ha	174	115	-34%	59
DHP moy	cm	23.0	23.2	1%	22.7
Vol moy	m ³ /t	0.301	0.302	0%	0.299
%ST de chêne		46%	41%		56%
%ST d'érable		44%	52%		27%
Vigueur/Qualité Q1		81%	85%		72%
Vigueur/Qualité Q2		8%	5%		16%
Vigueur/Qualité Q3		11%	10%		12%
Q1 couronne degage>49%		0%	54%		
Q1 couronne degage>24 %		0%	77%		
tiges Q1			324		
tiges Q1>49			204		
tiges Q1>24			274		

Productivité des équipements et coûts directs de traitement

Abattage-façonnage

Au cours des essais, des observations des équipements en opération ont été faites par chronométrage détaillé. En utilisant les méthodes habituelles de FPInnovations, un observateur note la durée des éléments de cycles de travail à l'aide d'un ordinateur portable et du logiciel TS-1000. Pour l'abatteuse-façonneuse, le cycle de travail est composé des actions requises pour traiter une tige tandis que le cycle du porteur est le transport d'un chargement incluant les déplacements à vide. Puisque l'observateur compte les billes produites, l'estimation de la productivité est complétée par le mesurage d'échantillons des billes produites.

Le tableau 3 présente les résultats de l'observation de l'abatteuse-façonneuse. Deux périodes ont été chronométrées couvrant les conditions moyennes rencontrées au mois de février. Le volume moyen des tiges récoltées était relativement élevé. Les produits de sciage et les billes destinées à la production de granule ont été mesurés. Toutefois la productivité mesurée était modeste. Seulement 40 tiges étaient abattues et façonnées par heure productive. Selon le mesurage, ceci correspond à 10.7 m³/HMP. En appliquant un taux horaire de 140 \$/HMP (voir hypothèses de calcul en Annexe 2), le coût direct d'abattage façonnage observé était de 13.10 \$/m³. La présente étude n'a pas été structurée pour une comparaison formelle toutefois cette performance demeure deux fois moins importante que celle attendue en éclaircie commerciale de résineux avec ce type d'abatteuse. Ce constat n'invalide pas l'intérêt du traitement. En valeur absolue, le coût de traitement est encore raisonnable. L'abatteuse utilisée était toutefois insuffisamment robuste et l'opérateur n'en était qu'au début de l'apprentissage de nouvelles directives de travail.

L'examen des détails du cycle de travail donne des indications sur les conditions particulières du travail d'éclaircie observé. Le temps de façonnage était en proportion 20 % plus important qu'en forêt résineuse. Clairement les cimes et les branches de feuillues sont plus difficiles à façonner. Le travail en forêt feuillue ne semble pas avoir entraîné des délais opérationnels important pour le remplacement de chaînes et des barres de scies. Il est aussi remarquable que la proportion du temps consacré aux déplacements était deux fois plus importante. La densité du peuplement et la distance entre les arbres à récolter peut expliquer cette proportion importante.

Tableau 3. Résultats des observations de l'abatteuses-façonneuse

Durée de l'observation	(HMP)	12.2
Volume sciage	(m ³)	88
Volume granule	(m ³)	42
Volume total	(m ³)	130
Tiges totales		483
Volume moyen	(m ³ /tige)	0.270
Productivité	(tiges/HMP)	39.6
	(m ³ /HMP)	10.7
Taux horaire	(\$/HMP)	140
Coût direct	(\$/m ³)	13.10
<i>Détails</i>	<i>min/tiges</i>	<i>(%)</i>
Déplacement	0.33	22
Débroussaillage	0.08	5
Positionner la tête	0.13	9
Abattage	0.16	10
Façonnage	0.73	48
Arranger piles	0.02	1
Délais opérationnels	0.08	5
Total	1.52	100

Débardage des billes de sciage et de granule

Le porteur utilisé pour le débardage des billes avait une faible capacité de charge. La vitesse de déplacement en charge et à vide était lente. Les manœuvres de flèche étaient assez délicates pour éviter les blessures aux arbres résiduels. Toutefois, elles ne pouvaient pas contribuer à une productivité très compétitive. Le tableau 4 montre les résultats des observations pour des produits de sciage et de billes de granule. On observe un coût de débardage acceptable grâce au faible coût horaire du porteur qui compense la faible productivité observée. Le coût de débardage de 7.83 \$/m³ est typique des éclaircies commerciales de résineux.

La productivité du porteur est en équilibre avec celle de l'abatteuse pendant les essais, à l'avantage de l'entrepreneur. Les conditions avantageuses du peuplement feuillu traité, bonne visibilité et faible encombrement, aurait dû permettre des coûts de débardage moins élevés avec un équipement plus performant. Toutefois la densité des bois à recueillir est faible ; le défi est réel. Il faut 11 arrêts pour assembler un chargement et il n'y a pas deux mouvements de grappin à chaque arrêt. Peut-être qu'un porteur de fort volume pour transport des deux produits à la fois et un grappin de meilleure capacité seraient plus efficace.

Débardage des branches

À titre de combustible industriel éventuel, il est intéressant de connaître les coûts associés au transport de cette fibre contenue dans les branches. La production en bordure de sentier d'amoncements de branches par l'abatteuse est réputée très peu dispendieuse. Les branches et le houppier ne sont pas déposés dans le sentier mais vis-à-vis les empilements de bois de granule de l'autre côté du sentier. Aucun effort n'a été fait pour tenter d'évaluer l'impact de courts mouvements de flèche à chaque cycle de l'abatteuse-façonneuse. Toutefois, l'utilisation de résidus d'ébranchage et d'écimage requiert un transport primaire et l'usage du porteur Rotobec utilisé sur le site semble naturel.

On trouve aussi au tableau 4 les résultats de la reconstitution de cycle de transport de branches faite à partir des observations faites au cours des essais. Les deux chargements de branches avaient une masse moyenne de seulement 1682 kg, bien que les branches occupaient tout le volume du panier. Pourtant le regroupement des branches par l'abatteuse ne permet qu'une masse de 125 kg par manœuvre de grappin. Il faut 2.6 manœuvres de grappins par arrêt mais la benne du porteur était comble après 6 arrêts seulement. Le chargement était plus long proportionnellement par cycle de porteur, affectant la

productivité. Surtout à cause de la faible capacité de chargement et du temps requis pour charger, la productivité du porteur au transport des branches était faible. En appliquant le faible taux horaire de 80 \$/HMP, le coût de débardage des branches est encore élevé à 15.07 \$ par tonne verte ou 25.12 \$ par tonne anhydre. Les parties du cycle de travail consacrées aux déplacements à vide et en charge n'occupent que 22 % du temps de travail. Typiquement, ceci n'offre pas d'importante opportunité de réduction de coûts en réduisant les distances de débardage. En limitant le débardage de 0 à 150 m, le coût pourrait baisser de 11 %, mais il faudrait renoncer à environ la moitié de la branche disponible.

Tableau 4 . Résultats des observations du Porteur Rotobec (distance normalisée à 150 m) pour le débardage des bois ronds et reconstitution d'un cycle de transport typique de branches.

	Bois ronds (sciage+granule)		Branches	
Durée de l'observation	(hmp)	2.2	-	
Nombre de cycles		4	2	
Volume moyen par cycle	(m ³)	5.5	(kg)	1682
Volume total	(m ³)	22.0	(kg)	3364
Distance moyenne	(m)	150	(m)	150
Productivité	(bille/HMP)	110		
	(m ³ /HMP)	10.2	(tv/HMP)	5.3
Taux horaire	(\$/HMP)	80.00		80.00
Coût direct de débardage	(\$/m³)	7.83	(\$/tv)	15.07
			(\$/TMA)	25.12
<i>Détails</i>	(min/m ³)	(%)	(min/tv)	(%)
Déplacement à vide	0.75	13%	1.23	11%
Mancœuvre	0.11	2%	0.37	3%
Chargement	1.94	33%	5.34	47%
Déplacement pour charger	0.78	13%	1.13	10%
Déplacement en charge	0.75	13%	1.23	11%
Déchargement	1.54	26%	2.00	18%
Total	5.87	100%	11.31	100%
Nombre arrêts/cycle	11.0		6	
Nombre grappin/arrêt	1.7		2.3	
Nombre de billes/grappin	3.2		(kg/grappin)	125

Coûts en bordure de route et conclusion

Le tableau 5 résume l'ensemble des coûts d'approvisionnement à la barrière d'usine, à la manière des tableaux présentés au rapport de contrat 528.1. Les frais d'abattage-façonnage et de débardage sont ceux décrits ci-haut. Les autres frais directs comprennent le chargement et le transport des bois ronds pour la courte distance entre le secteur St-Sixte et Thurso, centre d'utilisation de la fibre. Les frais indirects typiques sont compatibles en considérant que les branches combustibles sont un produit additionnel, après la récolte des deux premiers produits. Les bois destinés à la production de granules sont affectés des frais indirects à titre de produit principal puisqu'ils se substituent aux produits de pâte dans le contexte de l'éclaircie commerciale.

Les coûts des produits de sciages et de granule sont d'environ 23 \$/m³ en bordure de route (profits inclus). Selon les hypothèses utilisées, ce montant apparaît difficilement compétitifs en comparaison des coûts en bordure de route des même produits en coupe totale ou en coupe jardinatoire. Toutefois, les services sylvicoles qu'offre l'éclaircie commerciale pourraient donner accès à d'éventuels crédits de droits de coupe si ce traitement était rendu admissible. Ainsi les frais d'approvisionnement pourraient être considérés comme compétitifs dans un contexte où la sylviculture contribue à augmenter la possibilité forestière pour les produits de bonne et de moindre qualité.

Tableau 5 . Tableau des coûts et revenus

	Produits destinés au sciage et à la granule. (\$/m ³)	Branches combustibles (\$/TMA)
Abattage-façonnage	13.10	0
Débardage	7.83	25.12
Déchiquetage*	-	14.14
Autres frais directs*	8.50	14.98
Frais indirects*	13.63	6.68
Sous total	43.06	60.92
Profits et autres charges (10%)	4.30	6.09
Total	47.36	67.01

* selon feuilles de calcul applicables du rapport de contrat 528.1

Annexe 1

Planches photographiques



Figure A1. L'abatteuse-façonneuse Neuhson 20002 en action dans la forêt feuillue immature.



Figure A2. Le porteur Rotobec F-2000 pendant le chargement de branches.



Figure A3. Disposition des billes et des branches sur la zone de travail. Les billes du sentier au premier plan ont été transportées vers la jetée.



Figure A4 . Empilement en bordure de route de billes destinées à la production de granules

Annexe 2

Hypothèses utilisées pour le calcul du taux horaire pour les équipements utilisés

	<u>Abatteuse-façonneuse</u> Neusson 2002	<u>Porteur Rotobec</u> F-2000
<u>INTRANTS</u>		
Vie de la machine (année)	5	5
Heures-machines prévues /an	4000	4000
Prix d'achat (\$)	500000	200000
Valeur de revente (\$)	50000	20000
Immatriculation (\$/an)	500	500
Assurances (\$/an)	20000	8000
Taux d'intérêt (.%)	10%	10%
Taux d'utilisation (.%)	80%	85%
Coûts de réparation à vie (\$)	550000	220000
Cons. de carburant (L/HMP)	20	15
Coût de carburant (\$/L)	1	1
Coût de l'huile et lubrifiants	2.00	1.00
Coût d'opérateur (\$/Hprévue)	30	30
<u>COÛTS FIXES</u>		
Amortissement annuel	\$123 708.87	\$49 483.55
Autres coûts annuels	\$20 500.00	\$8 500.00
Total / année	\$144 208.87	\$57 983.55
Coût / HMP	\$45.07	\$17.05
Coût / Hprévue	\$36.05	\$14.50
<u>COÛTS VARIABLES</u>		
Coût annuel	\$180 400.00	\$98 400.00
Coût / HMP	\$56.38	\$28.94
Coût / Hprévue	\$45.10	\$24.60
<u>COÛTS D'OPÉRATEUR</u>		
Coût annuel	\$120 000.00	\$120 000.00
Coût / HMP	\$37.50	\$35.29
Coût / Hprévue	\$30.00	\$30.00
<u>COÛT TOTAL</u>		
Grand total par année	\$444 608.87	\$276 383.55
Grand total par HMP	\$138.94	\$81.29
Grand total par Hprévue	\$111.15	\$69.10