

**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 FPIinnovations 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 recolte

Le systeme de recolte utilise au cours des essais etait un systeme par arbres entiers avec faonnage de troncs entiers en bordure de route. L'abattage a ete fait avec une abatteuse-groupeuse John Deere 753G munie d'une tete d'abattage Gilbert a rotation continue, un type de machine habituellement observee en coupe partielle de feuillus (figure 1). Pour le traitement de coupe progressive, les sentiers rectilignes favorisent la protection du peuplement residuel (figure 2). Leur largeur de 5 m permet le debardage des tiges dont la cime a des dimensions de petites a moyennes. Les tiges etaient deposeses au sol avec soin pour grouper les tiges de 40 cm (dhs) et moins ensemble afin de faciliter le debardage fait par un debardeur a cable John Deere 640 D. Les tiges de plus de 40 cm (dhs) etaient deposeses individuellement pour permettre un ecimage partiel par un bucheron muni d'une scie a chaine.



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



Figure 2. Exemple de sentier large et rectiligne implante pour la coupe progressive afin de reduire 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.

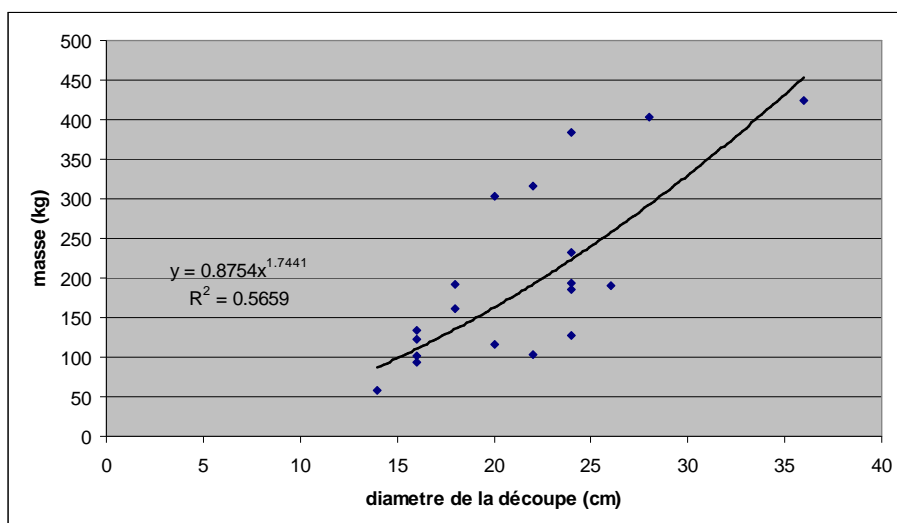


Figure 6. Relation entre le diamètre de branche à la découpe et la masse de la branche.

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 débardage	(\$/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 FPIinnovations 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
<hr/>			
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 (\$/Hprévue)	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 / Hprévue	\$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 / Hprévue	\$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 / Hprévue	\$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 Hprévue	\$139.18	\$99.53	\$165.83

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