



Créer des solutions pour le secteur forestier

www.fpinnovations.ca



Résultats de recherches : coûts d'approvisionnement dans le Bas-Saint-Laurent et en Outaouais

Luc Desrochers, ing.f.

**2^e Symposium sur la valorisation de la biomasse forestière et des
résidus de transformation**

Château Cartier, Gatineau, 22-23 avril 2008

Sommaire

Coût d'approvisionnement en biomasse forestière

Projet de la Coopérative forestière de la Matapédia

- Potentiel d'approvisionnement en biomasse forestière
- Coût de récupération de la biomasse
- Choix du système de récolte le plus approprié
- Validation des résultats avec des essais terrain

Récupération des résidus en Outaouais

- Récupération de résidus en bordure de route
- Chargement direct ou en différé
- Recommandations

Le projet de biomasse de la Coopérative forestière de la Matapédia

Projet de chauffage à la biomasse pour la ville d'Amqui :

- Construction de deux chaudières pour chauffer l'hôpital, l'aréna et divers bâtiments de la ville ;
- Approvisionnement avec des copeaux de bois provenant des résidus de coupe récupérés sur les chantiers de la Coopérative ;
- Approvisionner l'usine de panneau de Sayabec avec des copeaux de bois provenant des résidus de coupe.

Le projet de biomasse de la Coopérative forestière de la Matapédia

Mandat de FERIC :

- Évaluer le potentiel d'approvisionnement en biomasse d'origine forestière ;
- Évaluer le coût de récupération de la biomasse disponible avec différents systèmes et conseiller Énergie CFM dans le choix du système le plus approprié ;
- Évaluer le coût du transport de CFM à l'usine consommatrice ;

Le projet de biomasse de la Coopérative forestière de la Matapédia

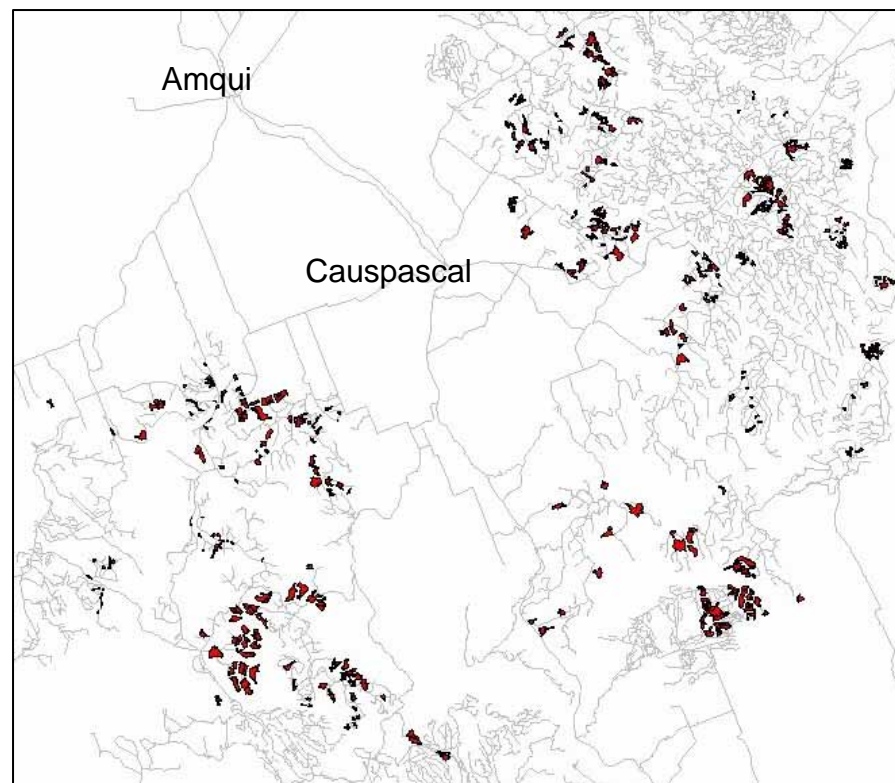
Mandat de FERIC :

- Valider les résultats avec des essais terrain et ajuster les prédictions en conséquence :
 - Essai terrain : transport des résidus en même temps que la récolte des bois ;
 - Comparer le volume théorique par rapport au volume réellement récupéré sur le terrain ;
 - Comparer le coût théorique par rapport au coût observé lors des essais.

Évaluation du potentiel d'approvisionnement en biomasse forestière

Cueillette et compilation des données

- 10 chantiers de 21 à 303 ha (récolte annuelle) ;
- Distances de transport de 25 à 80 km jusqu'à l'usine de CFM ;
- Peuplements résineux et mélangés ;
- Système de récolte par bois courts.

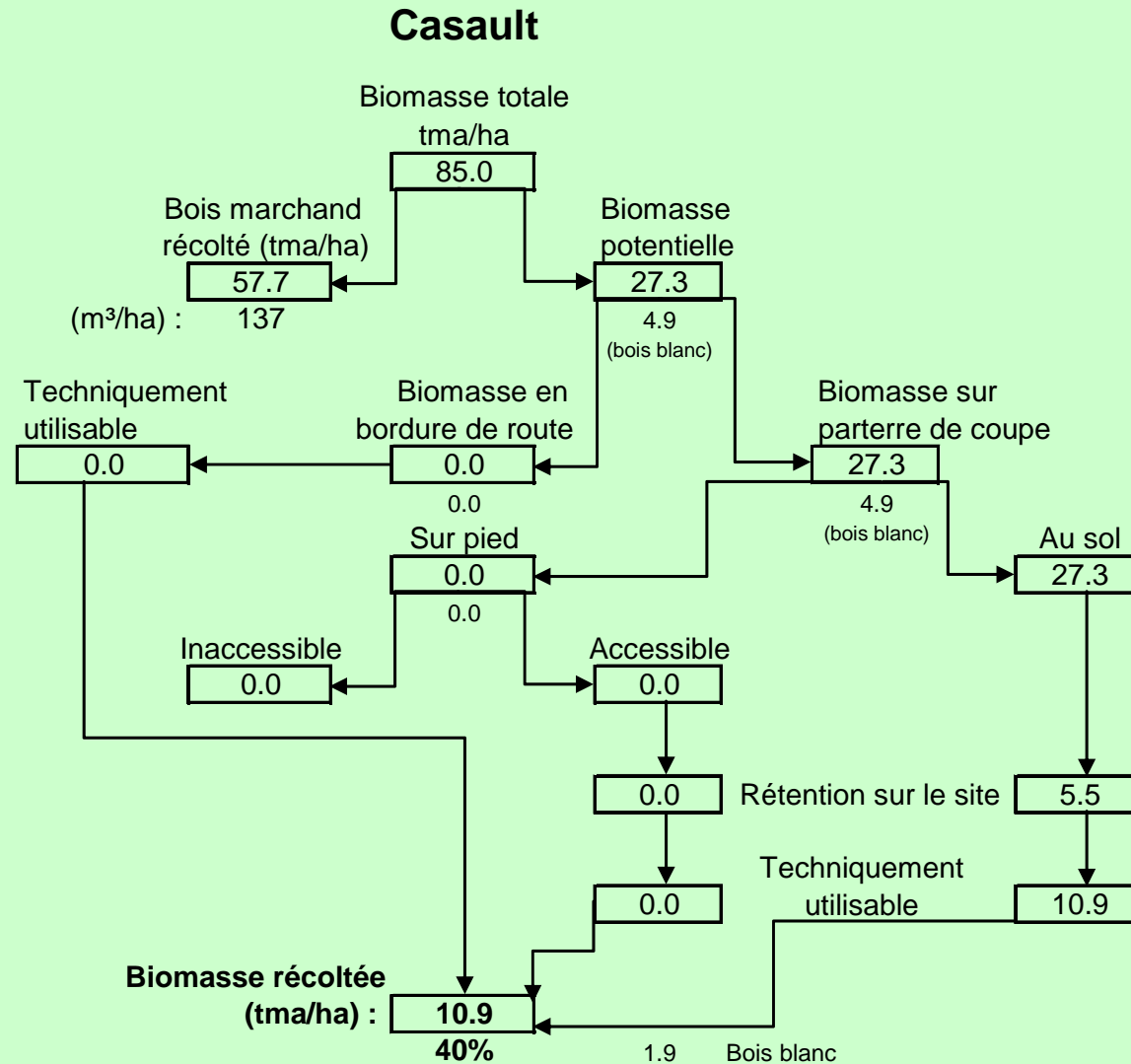


Biomasse forestière sur le parterre coupe

Systeme de récolte par bois courts : arbres ébranchés et écimés sur le parterre de coupe



Flux d'approvisionnement en biomasse forestière



Estimation de la quantité de biomasse résiduelle

Chantiers	Superficie récoltée/an (ha)	Biomasse total tma/ha	Volume marchand tma/ha	Biomasse résiduelle potentielle tma/ha	Biomasse résiduelle récoltée tma/ha	Biomasse récoltée total tma
Casault	303	85	58	27	10,9	3310
Milnikek	156	88	58	30	12,0	1872
Rang 6	90	93	60	33	13,2	1189
Roland	311	89	57	32	12,7	3940
Routhier	60	83	52	31	12,5	751
Seigneurie	33	89	59	30	11,8	387
St-André	131	77	48	28	11,3	1480
St-François	21	77	43	34	13,5	283
Vérendry	221	95	65	30	11,9	2620
Village	136	71	44	27	10,6	1448
Total	1462	86	56	30	11,8	17280

Choix du système le plus approprié

Trois scénarios étudiés :

- Transport des résidus lâches et déchiquetage au bord du chemin
- Déchiquetage des résidus sur place
- Compactage et transport des résidus en fagots



Transport des résidus lâches et déchetage au bord du chemin



- Récupération des résidus avec des porteurs forestiers
- Fragmentation des résidus en bordure de route avec des déchiqueteuses sur roues
- Copeaux soufflés directement dans les semi-remorques



Photo : Valmet

Photo : ABAB Carrier

Déchetage des résidus sur place



- Déchiqueteuse montée sur porteur forestier (Bruks BioTech, Erjo OSW) avec benne auto-déchargeante
- Transport des copeaux par semi-remorque ou par conteneurs
- Transport indépendant de l'opération de déchetage



Compactage et transport des résidus en fagots



- Fagotage des résidus sur parterre de coupe
- Transport des fagots jusqu'à la jetée avec un porteur forestier
- Transport des fagots jusqu'à l'usine avec un camion à grumes autochargeant
- Broyage dans la cours d'usine





Paramètres de production

Paramètres de production

Chantier Casault

		Scénario 1		Scénario 2	Scénario 3		
Techniques de récupération		Transport des résidus lâches	Déchetage bord de route	Déchetage <i>in situ</i>	Compacteuse mobile	Transport des fagots	Déchetage à l'usine
Volume total de biomasse	tma		3309.9				3309.9
Volume de la biomasse	m3/ha	27.2		27.2	27.2	27.2	
Charges moyennes	m3 solide	5.6		7.20	0.48	8.40	
Charges moyennes	m3 lâche	20.0		18.0	1.15	20.0	
Concentration de résidus	m3/100 m	4.9	97.0	4.9	4.9	4.9	97.0
Productivité	tma/HMP		26.8				30.0
Productivité	m3/HMP	9.1		8.4	6.9	21.9	
	fagots				14.2	45.3	



Coûts de production

Paramètres et coûts d'opération

Chantier Casault

	Scénario 1		Scénario 2	Scénario 3			
	Transport des résidus lâches	Déchetage bord de route	Déchetage <i>in situ</i>	Compacteuse mobile	Transport des fagots	Déchetage à l'usine	
Techniques de récupération							
Coûts des équipements							
Prix d'achat	\$	\$475,000	\$650,000	\$650,000	\$600,000	\$475,000	\$800,000
Utilisation des équipements							
Taux d'utilisation	%	80%	55%	70%	75%	80%	65%
Vie de la machine	ans	5.0	7.0	7.0	5.0	5.0	7.0
Jours de travail prévus par an	jours	200	180	180	150	200	180
Poste(s) de travail par jour	postes	2	1	1	2	2	1
Heures prévues par poste	heures	10.0	12.0	12.0	10.0	10.0	12.0
Coûts totaux							
Coût / HMP		\$125.00	\$425.54	\$276.24	\$198.72	\$125.00	\$425.49
Coût / Hprévue		\$100.00	\$234.05	\$193.37	\$144.78	\$100.00	\$276.57
Coût par tma		\$34.38	\$15.90	\$82.19	\$72.42	\$14.26	\$14.18
Coût par ha		\$375.01	\$173.44	\$896.52	\$789.94	\$155.52	\$154.70
Coût total par tma		\$50.28		\$82.19		\$100.86	
Coût total par ha		\$548.45		\$896.52		\$1,100.16	
Consommation d'énergie							
Consommation de carburant	L/tma	3.85	4.49	11.31	5.47	1.60	3.50



Coûts de transport jusqu'à l'usine

Transport de la biomasse - Chantier de Casault

Paramètres de production

		Copeaux Scénario 1	Copeaux Scénario 2	Fagots Scénario 3
Type de production				
Volume total de biomasse	tma	3310	3310	1872
Type de remorque		4 essieux	4 essieux	Camion autochargeant
Temps de chargement	min./voy.	41	15	30
Temps de déchargement	min./voy.	30	30	30
Temps d'attente	min./voy.	45	15	0
Distance				
Route classe 3-4	km	2.2	2.2	2.2
Route classe 1-2	km	17.8	17.8	17.8
Route pavée	km	9.5	9.5	9.5

Coûts

À l'heure	\$/HMP	\$64.72	\$75.10	\$73.15
Au volume	\$/m3	\$1.73	\$1.28	\$1.55
Par masse	\$/tma	\$11.68	\$8.67	\$9.19
Par tonne-km	\$/tma-km	\$0.40	\$0.29	\$0.31

Consommation d'énergie

Consommation de carburant	L/tma	2.64	2.42	2.39
---------------------------	-------	------	------	------



Nombre de voyages par chantier

Calcul du nombre de voyages - Chantier Casault

Scénarios	Heure/ charge	Temps aller-retour moyen	Nombre de camions nécessaires	Distance aller-retour moyenne	Voyages totaux par semaine	Voyages totaux/an
1. Déchiquetage bord de route	1.02	3.26	3.20	59.0	59	209
2. Déchiquetage <i>in situ</i>	6.74	2.03	0.30	59.0	9	209
3. Fagotage	0.50	2.24	1.00	59.0	27	206



Coût de récupération de la biomasse

Coûts moyens de fonctionnement (\$/tonne)

Scénarios		Aire de coupe	Broyage	Transport	Coûts connexes	Total
1	Déchetage bord de route	32.44	15.49	13.36	10.84	72.13
2	Déchetage <i>in situ</i>	77.92	0.00	10.17	10.55	98.65
3	Compacteur mobile	81.70	14.18	10.93	10.73	117.54



Frais et coûts connexes

Chantier Casaults

Déchetage bord de route

Autres frais connexes

(\$/tma)

\$10.89

Droits, infrastructure, logistiques et frais accessoires

Droit de coupe

Arbres résiduels
Résidus de coupe

\$/m³
\$/m³

\$0.59
\$0.00

\$/tma

\$0.00
\$0.00

Construction et entretien de chemin

Réseau routier
Coût des chemins
Jetées

km
\$/km
\$/tmv

12.1
\$500.00
\$0.00

\$1.83
\$0.00

Logistiques

Inventaire et disposition des surfaces
Planification et la supervision
Coûts supplémentaire de fardier

\$/ha
\$/tmv
\$

\$0.00
\$1.00
\$0.00

\$0.00
\$1.82
\$0.00

Autres frais accessoires

Camp services de support
Ajustement pour la récolte de la biomasse
Frais généraux corporatifs ou de division
Entretien des chemins
Relocalisation des machines (3)

\$/m³
\$/m³
\$/tmv
\$/tmv
\$

\$0.89
\$1.00
\$1.00
\$0.25
\$800.00

\$2.22
\$2.50
\$1.82
\$0.45
\$0.24



Coût de récupération de la biomasse

Sommaire des résultats - livraison à Causapscal

Superficie annuelle (ha)	Distance moyenne (km)	Biomasse anhydre (tonnes)	Biomasse Humide @ 45% (tonnes)
1462	39.2	17280	31417

Coûts moyens de fonctionnement (\$/tonne)

Scenarios		Anhydre	Humide @ 45%
1	Déchetage bord de route	\$72.13	\$39.67
2	Déchetage <i>in situ</i>	\$98.65	\$54.25
3	Compacteur mobile	\$117.54	\$64.65

Validation des résultats sur le terrain



Essais sur le terrain

Objectifs

- Préparation des résidus avec l'abatteuse :
 - Trouver la meilleure façon de placer les résidus à coté du sentier de débardage
 - Déterminer le temps utilisé par l'abatteuse et le coût associé à l'opération
- Transport des résidus en même temps que les bois marchands :
 - Déterminer l'utilisation du porteur pour le transport des bois marchand et le transport des résidus
 - Déterminer la productivité du porteur pour le transport des résidus
- Validation des calculs de BiOS :
 - Volumes récoltés (été 2008)
 - Coûts de récolte des résidus (été 2008)

Essais sur le terrain



Date : 12 novembre au 15 décembre

Secteur Milnikek :

- Peuplements feuillus
 - Peuplier (51 %), bouleau papier (18 %), érable rouge (13 %), résineux (18%)
- Volume marchand : 199 m³/ha
- Terrains plats et solides



Équipements de récolte :

- Abatteuse-façonneuse Tigercat H822 avec tête Waratah 620
- Porteur forestier John Deere 1110D à huit roues

Préparation des résidus avec l'abatteuse-façonneuse

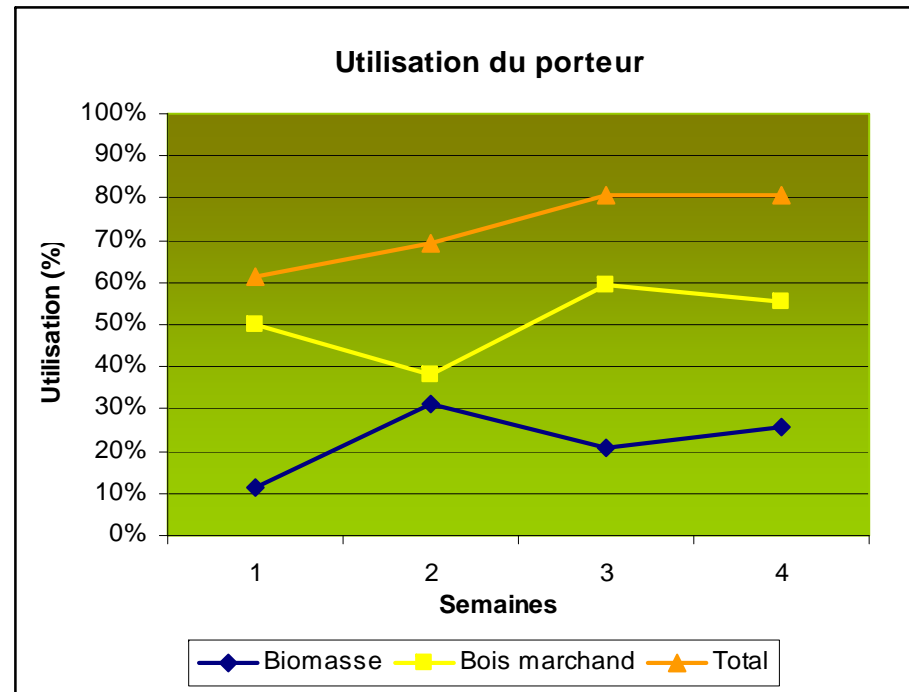


Résultats des essais

- Branches placées perpendiculairement aux sentiers de débardage
- Utilisation des heures productives de l'abatteuse :
 - **avec** mise en tas : 12 %
 - **sans** mise en tas : 3 %
- Coût supplémentaire :
 - 0,24 \$/m³ à 1,21 \$/m³ de bois marchand
 - 1,45 \$ à 7,50 \$/tma de résidus

Utilisation du porteur forestier

18 novembre au 16 décembre 2007

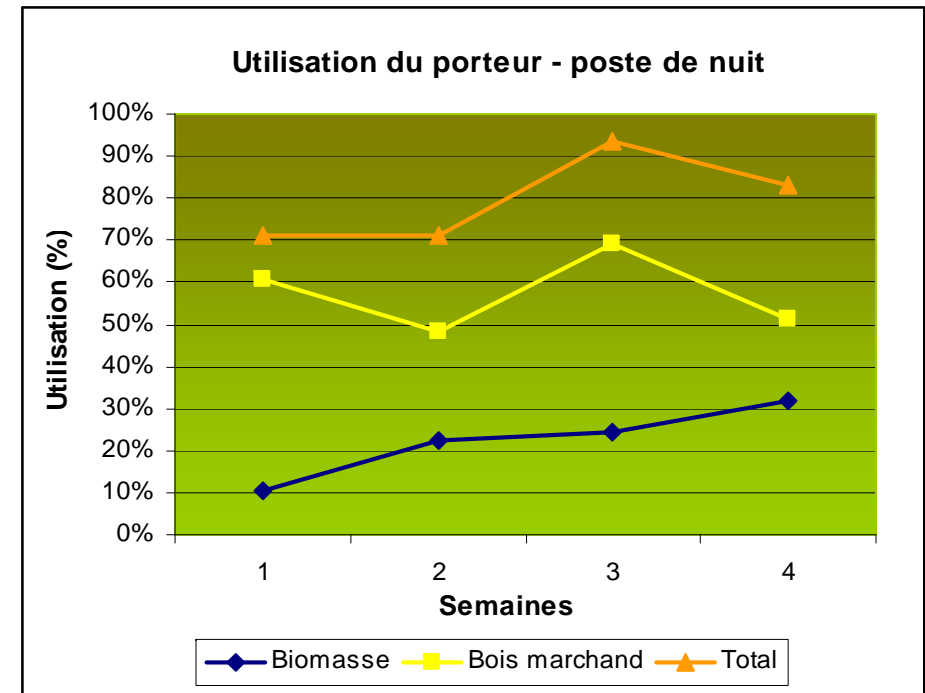
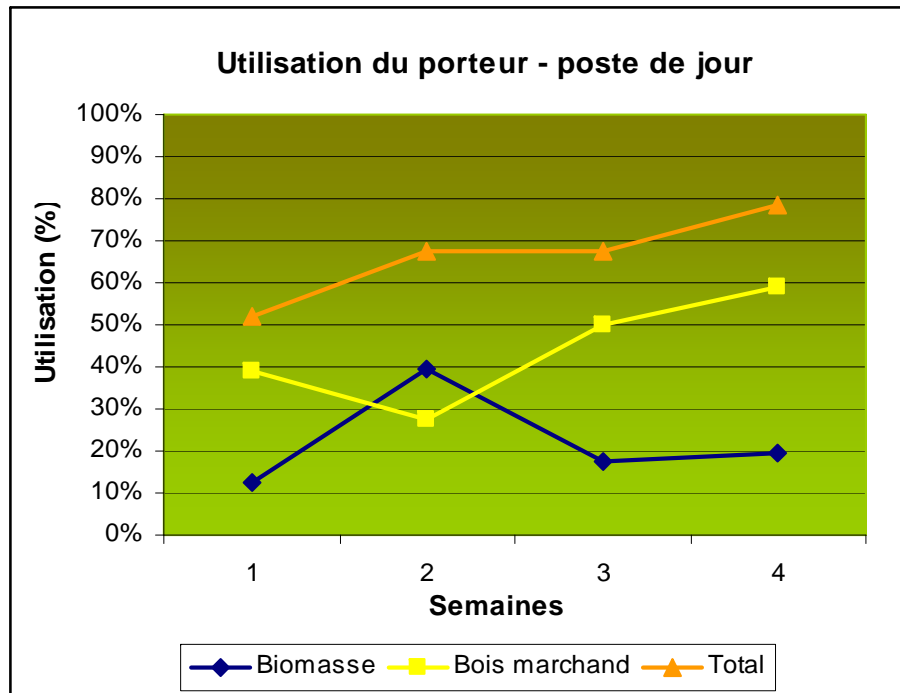


Utilisation moyenne sur 4 semaines :

- *Biomasse* : 22 %
- *Bois marchand* : 51 %
- *Total* : 73 %

Utilisation du porteur forestier

18 novembre au 16 décembre 2007



Utilisation moyenne - poste de jour :

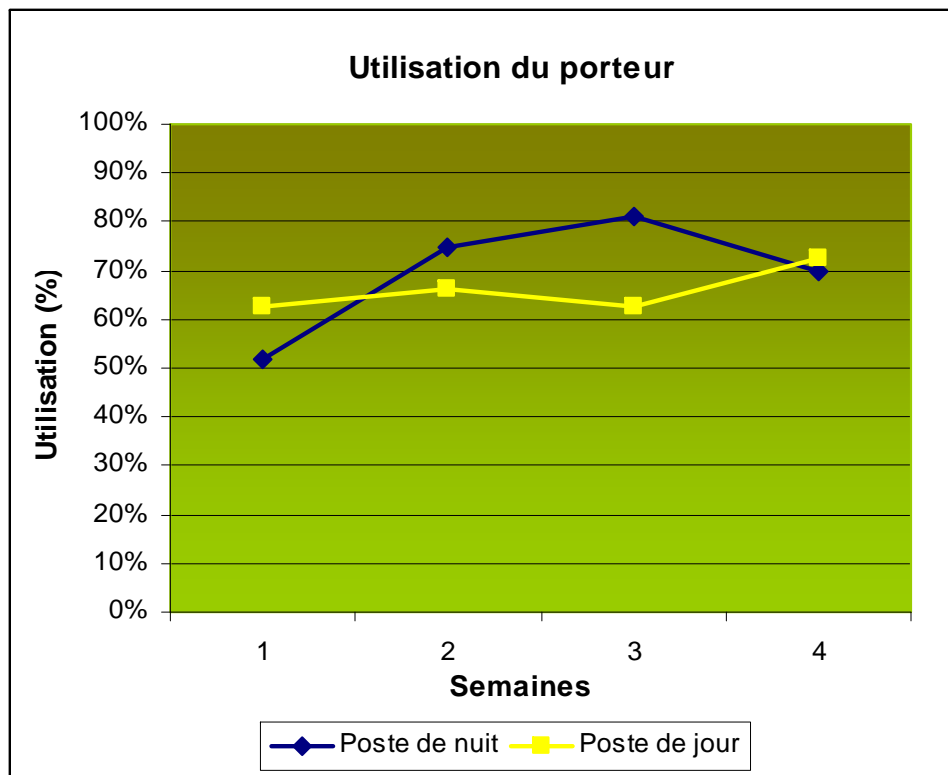
- *Biomasse* : 22 %
- *Bois marchand* : 44 %
- *Total* : 66 %

Utilisation moyenne - poste de nuit :

- *Biomasse* : 22 %
- *Bois marchand* : 58 %
- *Total* : 80 %

Utilisation du porteur forestier

14 janvier au 10 février 2008



Utilisation du porteur forestier

- Transport des bois marchands
- Peuplement résineux avec volume élevé
- Poste de jour : 66 %
- Poste de nuit : 70 %

Transport des résidus avec le porteur forestier



Résultats des essais

- Résidus feuillus (automne)
- 20 voyages chronométrés
- 17 minutes par voyages
- Déplacement moyen : 247 m
- Sentier récolté/voyage : 50 m
- Quantité de résidus/voyage : 5,5 m³ ou 2,43 tma (estimé)
- Productivité : 19,4 m³/HMP ou 8,5 tma/HMP (estimé)

Transport des résidus lâches sur parterre de coupe – estimation des coûts

- Productivité observée deux fois plus élevée que celle utilisée dans BIOS (conditions rencontrées)
- Économie de 50 % avec intégration des opérations

Coût de transport des résidus lâches			
	Productivité utilisée tma/HMP	Transport des résidus	
		différé \$/tma	intégré \$/tma
BIOS	3,8	32,44	15,43
Étude	8,5	15,85	7,97

Récupération des résidus en Outaouais



Description des opérations



Étude : entre le 13 août au le 6 septembre 2007

Conditions d'opération

- Secteur du Lac-Cayamant
- Peuplements mélangés - récoltés en 2004 par arbres entiers
- Aires d'ébranchages mis en andains et reboisés
- Terrain accidenté, fossés parfois profonds et jetées parsemées de roches
- **Pas d'empilement préalable**

Équipements utilisés :

- 2 broyeuses avec opérateur
- 5 excavatrices
- 7-9 semi-remorques
- 1 chargeuse frontale
- Ajout récent : porteur forestier

Équipements de broyage



Broyeuses :

- Vermeer HG6000 sur roues
- Vermeer HG6000_{TX} sur chenilles
- Puissance : 465 kW
- Alimentées par des excavatrices munies d'un grappin
- Copeaux déversés sur le sol



Étude chronométrique des broyeuses

Temps élémentaires	Broyeuse sur roues Vermeer HG6000	Broyeuse sur chenilles Vermeer HG6000TX
Broie	59 %	48 %
Tourne à vide	6 %	3 %
Manipulation des branches	17 %	35 %
Déplacement/positionnement	9 %	6 %
Préparation du site	0 %	5 %
Délais opérationnels	9 %	2 %
Total	100 %	100 %
Total des heures productives (HMP)	12,0	12,9
Productivité		
tmv/HMP	28,4	16,3
tma/HMP	17,6	9,8
Contenu en humidité (%)	0,38 %	0,40 %

Étude chronométrique du chargement



Chargement différé avec excavatrice

Nombre d'observation	30
Godet de 2,4 m ³ /chargement	53 (39-70)
Temps moyen de chargement	30 min
Départ/arrivée	6 min
Utilisation moyenne de la chargeuse	54 %
Charge moyenne des camion	33 985 kg
Charge moyenne anhydre	20 807 kg
Taux moyen d'humidité	38,6 %

Quantités de copeaux laissées au sol



Caractéristiques	Broyeuse sur roues	Broyeuse chenilles
Nombre de pile	17	14
Longueur (m)	14,9 (7,5 à 42,3)	16,9 (11,9 à 35,0)
Largeur (m)	5,8 (3,7 à 7,7)	5,3 (4,2 à 6,8)
Épaisseur (cm)	13,0 (7 à 24)	12,5 (8 à 17)
Surface (m ²)	86,7 (32 à 255)	89,5 (63 à 182)
Volume (m ³)	11,3 (3,2 à 34,8)	11,2 (5,8 à 22,0)
% des copeaux laissés au sol	14 %	16 %

Estimation des coûts d'opération



FERIC

Estimation des coûts de broyage avec chargement en différé

Machines	Excavatrice pre-empilement	Broyeuse	Excavatrice broyeuse	Excavatrice chargement
Coût par heure prévue	103,86 \$	254,55 \$	114,62 \$	103,14 \$
Taux d'utilisation (%)	60 %	80 %	80 %	77 %
Fardier (\$/sem)	240	240	240	240
PRODUCTIVITÉ tmv/HMP	45,00	34,00	34,00	51,81
COÛT PAR TMV	3,70 \$	9,53 \$	4,22 \$	2,57 \$
COÛT PAR TMA	6,17 \$	15,89 \$	7,04 \$	4,28 \$
COÛT TOTAL				
\$/tmv moy.		20,03 \$		
\$/tma moy.		33,38 \$		

Estimation des coûts de broyage avec chargement direct

Machines	Excavatrice pre-empilement	Broyeuse	Excavatrice broyeuse
Coût par heure prévue	134,24 \$	223,60 \$	113,44 \$
Taux d'utilisation (%)	80 %	65 %	75 %
Fardier (\$/sem)	240	240	240
PRODUCTIVITÉ			
tmv/HMP	45,0	34,0	29,5
COÛT PAR TMV	3,78 \$	10,29 \$	5,06 \$
COÛT PAR TMA	6,30 \$	17,16 \$	8,43 \$
COÛT TOTAL			
\$/tmv moy.		19,13 \$	
\$/tma moy.		31,89 \$	

Estimation des coûts : opération suggérée

Machines	Excavatrice pre-empilement	Déchiqueteuse
Coût par heure pré	\$116,19	\$223,60
Taux d'utilisation (%)	80%	65%
Fardier (\$/sem)	240	240
PRODUCTIVITÉ		
tmv/HMP	45,0	45,0
COÛT PAR TMV	3,28 \$	7,55 \$
COÛT PAR TMA	5,48 \$	12,58 \$
COÛT TOTAL		
\$/tmv moy.		10,83 \$
\$/tma moy.		18,04 \$

Comparaison des coûts



Coûts	Chargement différé	Chargement direct	Déchiqueteuse
\$/tmv *	20,03 \$	19,13 \$	10,83 \$
\$/tma	33,39 \$	31,89 \$	18,04 \$

* Taux d'humidité : 40 %

Analyse et commentaires sur les opérations

Chargement des copeaux séparé

Avantages :

- Incontournable avec une broyeuse sur roues (la broyeuse demeure sur le chemin)
- Évite les positionnements sur la jetée (broyeuses sur chenilles)
- Libère la broyeuse des contraintes du transport (pas d'attente après les camions)
- Meilleure utilisation de la broyeuse
- Facilite la gestion du transport (opération indépendante)

Analyse et commentaires sur les opérations

Chargement séparé des copeaux

Inconvénients :

- Copeaux déversés sur le sol : perte de 10 à 15 % du volume broyé
- Contamination des copeaux lors du chargement
- Ajout d'une chargeuse avec opérateur : une machine de plus à gérer et à déplacer

Recommandations

Dans un premier temps

- Mise en tas des aires d'ébranchage fait spécifiquement pour la récupération de biomasse



Recommandations

Dans un premier temps

- Mise en tas des aires d'ébranchage idéalement fait par l'entrepreneur en bioénergie
 - Économie sur la remise en production des aires d'ébranchage
 - Augmentation de la superficie récupérée et reboisée
 - Augmentation de la productivité des broyeuses
 - Diminution des bris et de l'usure des broyeuses
 - Diminution des contaminants dans les copeaux
 - Diminution des coûts de broyage et des copeaux livrés à l'usine

Recommandations

Dans un deuxième temps

- Intégrer la récolte de la biomasse avec les opérations de récolte régulière :
 - Débardage et ébranchage intégrés (hot logging)
 - Considérer la biomasse comme un autre produit (au même titre que les autres produits du bois)
 - Empiler séparément lors de l'ébranchage
- Utilisation d'une déchiqueteuse :
 - Modèle d'opération scandinave
 - Simplification des opérations
 - Diminution des contaminants
 - Augmentation de la qualité des copeaux

Conclusion

Planification et Intégration des opérations

Questions ?



FPInnovations

FERIC



Créer des solutions pour le secteur forestier