

Contenu

- 1 Sommaire administratif
- 2 Introduction
- 2 Objectifs
- 2 Méthodes de collecte et de traitement des données
- 4 Résultats
- 8 Discussion
- 10 Conclusions
- 12 Référence
- 12 Remerciements

Coûts de réparation et d'entretien des équipements de récolte forestière

Résumé

L'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) a recueilli des données sur les coûts de réparation et d'entretien des équipements courants de récolte forestière, dans les registres comptables de plusieurs compagnies de Colombie-Britannique et d'Alberta. Les machines ont été classées par grosseur et par type, des équations de régression reliant le coût à l'utilisation de l'équipement ont été développées pour chaque classe, et le coût moyen d'entretien et de réparation a été calculé pour chacune des classes en utilisant les équations de régression.

Mots clés

Coût, Réparations, Entretien, Équipement de récolte, Analyse de régression.

Auteur

A.J. MacDonald
Division de l'Ouest

Sommaire administratif

Plusieurs compagnies n'ont pas une connaissance détaillée des coûts de réparation et d'entretien des équipements. Pour combler cette lacune, FERIC a effectué une enquête sur près de 400 machines de récolte forestière provenant des opérations de neuf compagnies et entrepreneurs en Colombie-Britannique et en Alberta, afin d'établir leurs coûts moyens de réparation et d'entretien.

Des données ont été recueillies sur les coûts et les heures de fonctionnement de chaque machine, et utilisées pour calculer les coûts de réparation et d'entretien dans 27 classes déterminées selon la grosseur et le type de machine. Les coûts ont été classés par catégories sous les rubriques pièces, main-d'œuvre, pneus, ou autres, et assignés à une classe d'utilisation basée sur le temps de fonctionnement. Le coût moyen des points échantillons tel que calculé pour chaque classe de machines était sensible aux distributions inégales de machines neuves et vieilles. Par conséquent, des équations de régression linéaire pour les coûts de réparation et d'entretien ont été développées pour certaines classes d'utilisation, ces équations tenant compte, mieux que le simple coût moyen, des distributions inégales quant à l'utilisation préalable des machines. Les réparations extraordinaires telles que le remplacement du moteur ou du train roulant ont été séparées des réparations plus courantes, et amorties sur toute la période d'analyse plutôt qu'allouées à la classe d'utilisation durant laquelle elles s'étaient produites.

Les résultats indiquent que les coûts étaient affectés par l'utilisation pour certaines classes de machines mais pas pour d'autres. Cependant, une analyse statistique a montré que la corrélation entre les coûts et l'utilisation était généralement faible. La variation à l'intérieur d'une classe d'utilisation était souvent plus grande qu'entre les classes.

D'autres renseignements, notamment la tâche première de la machine, la situation géographique, le type de propriétaire (compagnie ou entrepreneur) et la méthode de détermination du coût de la main-d'œuvre, ont été consignés pour évaluer leur influence sur les coûts de réparation et d'entretien. Aucun de ces facteurs n'a pu expliquer adéquatement la grande variation de coût entre les machines. Cependant, seules les classes d'excavatrices présentaient suffisamment de données pour cette analyse, de sorte qu'il n'est pas certain si cette tendance s'applique aux autres classes de machines.

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

Les valeurs moyennes développées à partir de l'enquête pourraient être un point de départ utile pour estimer les coûts de réparation et d'entretien dans divers modèles de calcul des coûts, mais ils devraient être utilisés avec prudence à cause de la grande variabilité entre les points échantillons. L'ajout d'autres machines à l'analyse pourrait réduire la variation et améliorer la confiance dans les équations de régression, mais le nombre de machines ayant des dossiers suffisamment détaillés est limité car peu de compagnies font un suivi des coûts pour des machines individuelles.

Introduction

Dans l'Ouest du Canada, les compagnies qui sont propriétaires de leurs machines de récolte du bois et qui emploient leurs propres équipes sont de moins en moins nombreuses, la plupart comptant sur des entrepreneurs pour réaliser leurs activités forestières. Sans leur propre équipement comme base de comparaison, plusieurs des compagnies membres de FERIC ne possèdent pas une connaissance détaillée des coûts de propriété, de réparation et de fonctionnement des machines. Cette lacune peut entraîner des difficultés quand leurs employés ont à confirmer les coûts de machines louées ou utilisées à contrat.

Pour y remédier, FERIC a été invité par ses compagnies membres à entreprendre une étude sur les coûts de fonctionnement des équipements de récolte forestière. FERIC s'est concentré sur les coûts de réparation et d'entretien puisque ses compagnies membres croyaient qu'il existait déjà une information suffisante relativement aux coûts de propriété, de fonctionnement et de main-d'œuvre. Le présent rapport est un résumé de l'étude.

Le projet était dirigé par un comité d'orientation constitué de représentants des compagnies membres de FERIC et de leurs entrepreneurs.

Objectifs

Les objectifs de cette étude étaient les suivants :

- Recueillir des données sur un échantillon de machines pour obtenir les coûts encourus de réparation et d'entretien des équipements en rapport avec leur utilisation réelle.
- Dériver les coûts moyens de réparation et d'entretien pour chaque type de machine.
- Faire connaître les résultats aux membres de FERIC et à leurs entrepreneurs.

Méthodes de collecte et de traitement des données

Sources

Les données de coût ont été recueillies dans neuf entreprises forestières à partir de leurs registres de coûts en fin de mois et en fin d'année (figure 1). Comme le but de l'étude était d'établir une corrélation entre les coûts de réparation et d'entretien et l'utilisation réelle pour des machines individuelles, seules des compagnies ayant l'habitude de tenir compte individuellement des coûts et de l'utilisation des machines ont été considérées. FERIC a enregistré les coûts sur place sur des feuilles de calcul, en utilisant les mêmes catégories de coût que la compagnie collaboratrice. Par la suite, FERIC a normalisé en catégories comme suit les données obtenues, puis les a importées dans une base de données pour fins d'analyse :

- Pièces et fournitures

Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC)

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

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

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

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

Mise en garde

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

This publication is also available in English.

© Copyright FERIC 2003. Imprimé au Canada sur du papier recyclé.



- Main-d'œuvre de réparation
- Pneus
- Autres

Le coût de la main-d'œuvre de réparation a été dérivé des registres comptables de chaque compagnie, et représentait soit des salaires avec avantages sociaux, ou un taux d'atelier incluant les frais généraux de l'atelier. La catégorie « Autres » comprenait des articles tels que fournitures mineures, plans de service à taux fixe d'une tierce partie, ou coûts facturés par une tierce partie et comportant à la fois des pièces et des fournitures.

Classement des données

Chaque enregistrement dans la base de données représentait une entrée provenant des registres de coûts mensuels ou annuels, selon les pratiques de la compagnie collaboratrice. En plus du coût de réparation, chaque entrée comprenait la machine en réparation, la date de l'événement, et le nombre d'heures de fonctionnement de la machine durant la période de calcul des coûts. L'utilisation de la machine était calculée en additionnant les heures de fonctionnement pour la période d'étude.

Approximativement la moitié des machines dans l'étude avaient des dossiers remontant à l'époque où la machine était neuve. Pour les autres, soit que les machines n'avaient pas de dossier (parce que la compagnie achetait des machines usagées ou n'avait que depuis peu un système détaillé de suivi des coûts), ou que FERIC avait choisi de ne pas tenir compte de l'information la plus ancienne à cause de son âge. Pour ces machines ne possédant pas de dossier à vie, l'utilisation a été calculée en prenant les heures de fonctionnement accumulées depuis le début de la tenue de dossiers.

Chaque enregistrement de coût a par la suite été assigné à une « classe d'utilisation » de 1000 heures, selon l'utilisation de la machine au moment de la réparation. Par exemple, tous les coûts encourus pour une machine ayant entre 4 500 et 5 500 heures d'utilisation étaient assignés à la classe d'utilisation 5.



Figure 1. Les registres de coûts mensuels ou annuels constituaient la source normale d'information sur les coûts fournie par les collaborateurs à l'étude.

Les coûts provenant d'années différentes ont été ajustés aux valeurs courantes en appliquant un facteur de tendance des coûts (annexe I), dérivé des Indices des prix des machines et du matériel (Statistique Canada, 2002).

Les coûts et les heures de fonctionnement dans chaque classe d'utilisation ont été totalisés pour chaque machine. Le coût moyen de réparation et d'entretien pour chaque machine dans chaque classe d'utilisation a été calculé en divisant le coût total encouru durant la période, par le nombre total d'heures de fonctionnement dans cette période. Ces calculs ont eu pour résultat une série de points échantillons montrant l'utilisation de la machine versus les coûts de réparation et d'entretien.

Certains points échantillons représentaient plus ou moins que les 1 000 heures de fonctionnement visées pour une machine, dépendant de la façon dont les données originales étaient consignées. Par exemple, certains collaborateurs enregistraient les coûts sur une base annuelle, ce qui donnait des échantillons de plus de 2 500 heures d'utilisation au lieu des 1 000 heures désirées. Aucune tentative n'a été faite pour subdiviser ces coûts en périodes plus courtes.

La marque et le modèle de chaque machine ont été notés (figure 2), et chaque machine a été assignée à une classe de style et de grosseur (« classe de machines »). Les marques et les modèles dans chaque classe de machines apparaissent en annexe II. Les points

Figure 2. Chaque machine a été assignée à une classe de machines. Celles-ci sont dans la classe excavatrice/chargeuse de 20 tonnes.



échantillons pour chacune des classes de machines ont été combinés puis analysés par régression linéaire.

Analyse de coût

Jusqu'à cinq droites de régression ont été ajustées à chaque ensemble de données de coût. D'abord, les coûts jusqu'à 5 000 heures d'utilisation ont été calculés en sélectionnant tous les points échantillons ayant une classe d'utilisation de 5 ou moins, puis en construisant la droite de régression entre ces points échantillons.¹ Le coût moyen pour la période a été calculé sur la droite de régression à la moitié de la période d'analyse, ou 2 500 heures. Ce calcul est désigné comme étant la « moyenne de régression ». Le procédé a été répété pour les classes d'utilisation 10, 15, 20 et 25 quand on disposait d'un nombre suffisant de données.

Les réparations coûteuses comme le remplacement du moteur ou du train roulant compliquaient les calculs parce que l'allocation de leurs coûts à la classe d'utilisation dans laquelle elles s'étaient produites aurait faussé les coûts pour cette classe. Les réparations majeures ont donc été séparées des réparations courantes et leurs coûts ont été amortis sur toute la période d'analyse (5 000 heures, 10 000 heures, etc.)

Résultats

Sommaire de toutes les données recueillies

Le tableau 1 montre un sommaire de la variété des équipements inclus dans l'enquête

et les coûts moyens de réparation et d'entretien pour chaque classe de machines.

Les heures de fonctionnement des machines représentent le temps de fonctionnement pour lequel il existait des dossiers de réparation correspondants. Les machines peuvent avoir des heures de fonctionnement additionnelles sans dossiers de coût. Les classes minimale et maximale d'utilisation indiquent l'étendue des périodes étudiées dans chaque classe de machines.

La dernière colonne montre la moyenne de tous les points échantillons jusqu'à la classe d'utilisation 25. Puisque ce calcul du coût moyen ne tient pas compte des différences dans l'utilisation des machines, les distributions inégales de données peuvent générer des résultats trompeurs. Par exemple, la classe maximale d'utilisation pour les excavatrices de 30 tonnes était de 13, alors qu'elle était de 20 pour les excavatrices de 40 tonnes. Indépendamment des différences fondamentales entre les classes de machines, il est raisonnable de s'attendre à des coûts différents simplement parce que les classes de machines ont des périodes différentes d'utilisation. De même, une grande proportion de machines vieilles ou neuves dans l'échantillon amènera un biais dans la moyenne de la classe. En outre, le coût moyen dans le tableau 1 va jusqu'à la classe 25, mais certaines classes n'incluent pas de machines aussi vieilles. Simplement calculer la moyenne des données de l'enquête est insuffisant pour représenter avec précision le coût moyen pour toute la durée de service d'une machine.

Coûts par classe d'utilisation

Afin de tenir compte des déficiences dans l'utilisation de simples moyennes, des valeurs ont été calculées pour les classes d'utilisation 5, 10, 15, 20 et 25 au moyen d'une analyse de régression (tableau 2).

¹ Pour fins de discussion dans le présent rapport, les périodes d'analyse sont désignées par 1000 heures, 2000 heures, 3000 heures, etc., même si la classe d'utilisation 1 était de 500 à 1500 heures, la classe 2 de 1550 à 2500 heures, la classe 3 de 2500 à 3500 heures, etc.

Tableau 1. Population de machines dans l'étude

Classe de machines	Nombre de machines	Heures de fonctionnement des machines (HFM)	Classe minimale d'utilisation (1000 h)	Classe maximale d'utilisation (1000 h)	Coût cumulatif moyen de R et E jusqu'à la classe d'utilisation 25 inclusivement (\$/HFM)
Semi-porteur : 25 000–35 000 kg	4	19 019	1	13	40,69
Tracteur à chenilles : type D-6	6	29 375	1	20	27,04
Tracteur à chenilles : type D-7	11	51 093	2	21	31,58
Tracteur à chenilles : type D-8	6	17 329	1	16	28,92
Excavatrice/chargeuse : 20 tonnes (15 000–25 000 kg)	39	159 371	1	13	18,18
Excavatrice/chargeuse : 30 tonnes (25 000–35 000 kg)	16	63 827	0	13	19,30
Excavatrice/chargeuse : 40 tonnes (35 000–45 000 kg)	33	201 773	0	20	24,99
Excavatrice/chargeuse : 50+ tonnes (45 000 kg+)	30	172 369	0	26	26,58
Abatteuse-groupeuse : non inclinable (25 000+ kg)	20	108 126	0	19	31,42
Abatteuse-groupeuse : inclinable (<25 000 kg)	6	38 226	2	14	29,73
Abatteuse-groupeuse : inclinable (25 000+ kg)	7	21 773	1	11	32,07
Chargeuse à câble : non spécifié	6	40 917	3	23	45,91
Façonneuse : montée sur flèche - grosse, ouverture 65 cm et plus	10	65 261	1	23	16,84
Façonneuse : montée sur flèche - petite, ouverture 65 cm et moins	14	78 456	1	17	19,43
Façonneuse : à oscillation libre - grosse, 60 cm et plus (gros bout)	6	46 551	2	18	31,61
Façonneuse : à oscillation libre - petite, 60 cm et moins (gros bout)	7	48 658	1	14	19,71
Débardeur : sur chenilles - type D5 (15 000–25 000 kg)	8	34 391	0	13	27,61
Débardeur : grappin - gros (>16 000 kg)	19	74 055	0	19	19,91
Débardeur : grappin - moyen (12 000–16 000 kg)	19	116 394	0	18	32,62
Débardeur : grappin - petite (<12 000 kg)	4	19 086	1	13	27,98
Camion : routier - train B	5	28 965	1	11	12,95
Camion : routier - à ridelles	6	51 311	1	16	20,83
Camion : routier - remorque à poutre télescopique	11	92 573	1	26	18,81
Camion : routier - tridem-tridem	59	151 144	0	12	21,19
Chargeuse sur roues : moyenne, empattement 3300–3600 mm	11	35 381	1	20	18,64
Chargeuse sur roues : petite, empattement <3300 mm	5	17 710	0	18	25,36
Grue de téléphérage : grosse	12	66 907	0	35	66,13
Total	380	1 850 041	-	-	-

Les valeurs du tableau 2 représentent les moyennes des coûts de réparation et d'entretien pour toutes les réparations requises depuis zéro jusqu'à la classe d'utilisation spécifiée, calculées au moyen des équations de régression. Ces moyennes tiennent compte de façon appropriée des distributions inégales de machines neuves ou vieilles dans les échantillons de l'étude.

Cependant, ces coûts sont dérivés de petits échantillons de populations diverses et doivent être utilisés avec prudence. Pour aider à visualiser la variabilité et la fiabilité des données, des détails additionnels au sujet des données de l'étude ont été développés pour toutes les machines et apparaissent à l'annexe III. Les figures 3 et 4 ainsi que le tableau 3

expliquent comment interpréter l'information de l'annexe III, en utilisant comme exemple les excavatrices de 20 tonnes.

D'abord, un diagramme à colonnes montre les coûts moyens de régression pour chaque classe de machines et classe d'utilisation. Ces diagrammes à colonnes illustrent clairement les classes de machines pour lesquelles les coûts demeurent stables avec l'utilisation, et celles pour lesquelles les coûts augmentent avec l'utilisation, comme les excavatrices de 20 tonnes (figure 3). Cependant, ces diagrammes à colonnes n'indiquent pas si la tendance de coût est basée sur quelques points échantillons seulement ou sur plusieurs, sur des données

Tableau 2. Coûts moyens de réparation et d'entretien (\$/h) calculés par régression linéaire pour diverses classes d'utilisation cumulative

Classe de machines	Classe d'utilisation cumulative de 1000 h				
	5	10	15	20	25
Semi-porteur : 25 000–35 000 kg	29,94	37,31	44,43	-	-
Tracteur à chenilles : type D-6	24,42	30,37	31,06	27,34	-
Tracteur à chenilles : type D-7	33,29	32,01	31,41	31,78	-
Tracteur à chenilles : type D-8	6,91	17,22	25,28	-	-
Excavatrice/chargeuse : 20 tonnes (15 000–25 000 kg)	11,02	16,37	19,71	-	-
Excavatrice/chargeuse : 30 tonnes (25 000–35 000 kg)	13,73	20,52	22,16	-	-
Excavatrice/chargeuse : 40 tonnes (35 000–45 000 kg)	21,40	24,38	24,86	26,39	-
Excavatrice/chargeuse : 50+ tonnes (45 000 kg+)	24,13	25,27	28,88	28,36	27,55
Abatteuse-groupeuse : non inclinable (25 000+ kg)	21,59	31,37	39,36	43,08	-
Abatteuse-groupeuse : inclinable (<25 000 kg)	15,65	32,15	31,13	-	-
Abatteuse-groupeuse : inclinable (25 000+ kg)	32,29	-	-	-	-
Chargeuse à câble : non spécifié	43,25	39,96	42,65	45,55	47,80
Façonneuse : montée sur flèche - grosse, ouverture 65 cm et plus	21,94	18,31	19,03	18,40	17,37
Façonneuse : montée sur flèche - petite, ouverture 65 cm et moins	14,81	17,71	20,51	-	-
Façonneuse : à oscillation libre - grosse, 60 cm et plus (gros bout)	28,77	32,71	31,72	31,25	-
Façonneuse : à oscillation libre - petite, 60 cm et moins (gros bout)	22,37	19,27	20,39	-	-
Débardeur : sur chenilles - type D5 (15 000–25 000 kg)	18,52	31,28	37,30	-	-
Débardeur : grappin - gros (> 16 000 kg)	14,37	20,68	24,39	27,86	-
Débardeur : grappin - moyen (12 000–16 000 kg)	33,44	32,70	33,40	34,11	-
Débardeur : grappin - petite (<12 000 kg)	10,38	24,14	35,73	-	-
Camion : routier - train B	16,10	13,83	-	-	-
Camion : routier - à ridelles	21,06	21,56	-	-	-
Camion : routier - remorque à poutre télescopique	15,76	17,44	16,90	18,11	18,70
Camion : routier - tridem-tridem	23,43	-	-	-	-
Chargeuse sur roues : moyenne, empattement 3300–3600 mm	16,91	19,22	17,82	17,55	-
Chargeuse sur roues : petite, empattement <3300 mm	33,94	-	29,17	25,73	-
Grue de téléphéragé : grosse	40,36	43,63	-	59,46	65,04

Figure 3. Diagramme normal à colonnes : coûts moyens pour excavatrices de 20 tonnes à trois classes d'utilisation, calculés à partir des équations de régression.

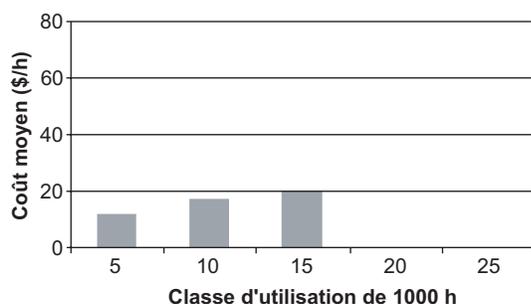
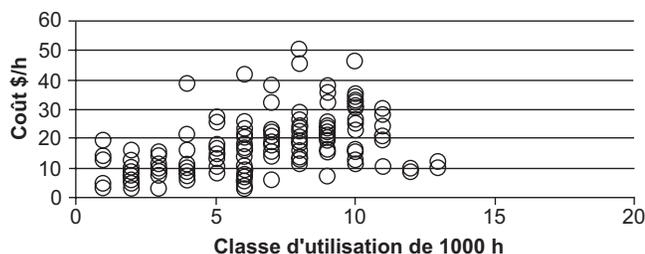


Figure 4. Données normales de coût : coût horaire pour excavatrices de 20 tonnes.



groupées ou hautement variables, ou sur des données bien ou mal distribuées. Cette information peut être trouvée dans les diagrammes de dispersion comme à la figure 4. Les points au-dessus de la classe 20 ont été omis des diagrammes de dispersion pour rendre ces derniers plus faciles à lire. À noter que l'échelle des axes verticaux des diagrammes de dispersion change selon la période de couverture des données. On doit s'assurer de tenir compte des échelles variables quand on compare les diagrammes de différentes classes de machines.

Dans le cas des excavatrices de 20 tonnes, malgré une tendance générale à augmenter avec l'utilisation, les coûts sont hautement variables, et la variabilité à l'intérieur d'une classe donnée d'utilisation peut être plus grande que la variabilité entre les classes.

La troisième composante de l'annexe III est un tableau qui montre la taille de l'échantillon et comment les droites de

régression s'ajustent aux points échantillons. Le tableau 3 montre cette information pour les excavatrices de 20 tonnes. Chaque tableau comporte une rangée pour chaque classe de 5 000 h, et chaque rangée montre les classes minimale et maximale d'utilisation des données d'échantillonnage, le nombre de machines, le nombre de points échantillons, et le nombre total d'heures de fonctionnement pour la classe. Par exemple, le coût dans la classe 5 pour les excavatrices de 20 tonnes a été dérivé de 22 machines quand elles avaient entre 1 000 et 5 000 heures accumulées de fonctionnement, et les 58 577 heures de fonctionnement durant cette période proviennent de 43 points échantillons. De même, le coût pour la classe d'utilisation 15 a été dérivé de 119 points qui représentent 159 371 heures sur 39 machines ayant entre 1 000 et 13 000 heures de fonctionnement. Les trois dernières colonnes montrent la valeur de régression r^2 , la moyenne de régression (tableau 2) et la moyenne des échantillons (tableau 1).²

Manifestement, les équations de régression dérivées de plusieurs machines, de plusieurs points échantillons, de plusieurs heures de fonctionnement et d'une gamme étendue de classes d'utilisation peuvent être utilisées avec la plus grande confiance. FERIC considère que les régressions fondées sur moins de quatre machines, de huit points échantillons, ou de 15 000 heures de fonctionnement sont inutilisables dans cette étude.

En comparaison avec d'autres classes de machines dans cette enquête, la valeur r^2 pour les excavatrices de 20 tonnes était relativement élevée, mais pas suffisamment pour suggérer

qu'il existait une forte relation entre l'utilisation et les coûts de réparation. Cette faible valeur indique que la plus grande partie de la variation de coût était causée par d'autres facteurs non mesurés. Lorsque considérées en conjonction avec les données sur le graphique, les statistiques de régression suggèrent qu'il existe une relation entre l'utilisation et le coût, mais que c'est une relation plutôt faible.

Étant donné la faiblesse de cette relation, la meilleure statistique à utiliser est la moyenne des échantillons. Les dernières colonnes du tableau 3 et de l'annexe III représentent les moyennes simples de tous les points échantillons jusqu'à la classe d'utilisation spécifiée. Ces moyennes sont susceptibles aux erreurs causées par des distributions inégales de données.

Des valeurs ont été omises du tableau et des diagrammes de l'annexe III quand l'enquête n'incluait pas de machines ayant atteint la classe d'utilisation spécifiée moins de deux. Par exemple, les plus vieilles excavatrices de 20 tonnes étaient de la classe d'utilisation 13 (13 500 heures), de sorte que le tableau et les diagrammes couvrent jusqu'à la classe d'utilisation 15. Par ailleurs, les excavatrices de 50 tonnes examinées allaient jusqu'à 25 000 heures d'utilisation, de sorte que des coûts sont donnés pour toutes les classes d'utilisation.

² r^2 est une mesure statistique standard qui indique à quel point les équations de régression sont ajustées aux données d'échantillonnage. Dans la présente analyse, une valeur r^2 de 0,3 indique que 30 % de la différence dans le coût moyen est attribuée à l'utilisation des machines, alors que le reste de la variabilité (70 %) est causé par d'autres facteurs non mesurés.

Tableau 3. Sommaire normal de statistiques : régressions pour les excavatrices de 20 tonnes

Classe	Minimale	Maximale	Nombre de machines	Nombre de points	Heures de fonctionnement	r^2	Coût moyen (\$/h)	
							Régr.	Moyenne
5	1	5	22	43	58 577	0,14	11,02	12,30
10	1	10	39	108	143 674	0,32	16,37	18,57
15	1	13	39	119	159 371	0,19	19,71	18,29
20	1	13	39	119	159 371			
25	1	13	39	119	159 371			

Discussion

Les coûts moyens de l'étude dans le tableau 1 dépendent de l'utilisation de l'équipement et de la distribution des points échantillons. Par exemple, l'examen de machines principalement neuves ou principalement vieilles devrait biaiser les coûts vers le bas ou vers le haut. Comme alternative, les coûts qui apparaissent au tableau 2 sont basés sur une analyse de régression, et fournissent des estimations qui tiennent mieux compte de l'utilisation des machines. Cependant, les coûts pour chaque classe de machines retiennent une grande part de variation, de sorte que FERIC a consigné des éléments additionnels au sujet de chaque machine ou compagnie collaboratrice. Spécifiquement, les dossiers de coût indiquent la tâche première de la machine, si elle était utilisée dans une opération de compagnie ou d'entrepreneur, si les coûts de main-d'œuvre étaient basés sur le salaire ou un taux d'atelier, et si la machine provenait des régions côtières ou intérieures/Alberta. Même si la marque et le modèle de chaque machine ont été enregistrés dans l'enquête, FERIC a choisi de ne pas calculer ni rapporter les coûts par fabricant.

Subdivision des classes de machines

La définition des classes de machines présentait certains défis. Pour de petites classes, il faut éviter de regrouper des machines qui logiquement ne vont pas ensemble mais, à l'opposé, si les classes sont trop spécifiques, chacune compte si peu d'unités que les moyennes reflètent simplement les coûts de machines individuelles. Par exemple, les abatteuses-groupeuses peuvent être caractérisées d'après les dimensions du train roulant, mais l'enquête comptait trop peu d'abatteuses-groupeuses pour permettre cette distinction. Le résultat est que certaines classes contiennent des machines ayant des caractéristiques différentes et qui pourraient avoir des coûts de réparation et d'entretien grandement variables, mais qui ont dû être combinées pour des raisons pratiques.

Les classes d'excavatrices étaient les seules qui comptaient un nombre suffisant de machines pour permettre de les subdiviser selon des facteurs additionnels. FERIC a calculé et comparé les droites de régression pour les excavatrices de 20, 30, 40 et 50 tonnes pour chaque facteur et a trouvé que :

- Les coûts étaient légèrement plus élevés pour les compagnies intégrées que pour les entrepreneurs dans le cas des excavatrices de 20 tonnes, et légèrement plus bas dans celui des excavatrices de 40 tonnes. Avec les excavatrices de 30 tonnes, les coûts étaient substantiellement plus élevés pour les compagnies intégrées que pour les entrepreneurs.
- Les coûts étaient plus élevés dans les opérations qui utilisaient les taux de salaire pour calculer les coûts de la main-d'œuvre d'entretien, comparativement aux opérations où les coûts de main-d'œuvre étaient calculés d'après un taux à l'atelier.
- Les coûts étaient plus élevés dans les opérations côtières que dans les opérations intérieures/Alberta.
- Les coûts pour le débardage par chargeuse à flèche articulée étaient habituellement plus élevés que la moyenne du groupe, mais ce mode de débardage n'était pas toujours la tâche la plus coûteuse.
- L'effet d'une différenciation des machines par ces facteurs sur la qualité de la régression était irrégulier. Dans certains cas, les droites de régression pour chaque nouvelle sous-catégorie avaient des valeurs r^2 plus élevées que la régression pour tout le groupe, alors que dans d'autres cas, on ne constatait pas d'amélioration. Autrement dit, aucune amélioration remarquable qui rendrait impératif d'utiliser ces facteurs n'était évidente.

Tel que mentionné, ces comparaisons n'ont été faites que pour les classes d'excavatrices, à cause des populations plus élevées. Il n'est pas certain si les mêmes

tendances s'appliqueraient aux autres classes de machines.

Distribution entre pièces, main-d'œuvre, autres, et pneus

Lorsque supportés par les données comptables sur lesquelles ils reposaient, FERIC a distingué quatre types de coûts : pièces, main-d'œuvre, autres, et pneus (annexe IV). Certains systèmes comptables combinaient les pièces et la main-d'œuvre en une seule catégorie; ces données ont donc été omises de l'analyse subséquente. Les classes de machines ayant moins de 10 000 heures de fonctionnement également ont été omises. La distribution de coût entre catégories était hautement variable; la catégorie pièces représentait entre 40 et 60 % du coût total pour moins de la moitié des classes de machines.

Les coûts de réparation et de remplacement des pneus constituaient une proportion substantielle des coûts de fonctionnement pour les camions grumiers. L'annexe V montre les coûts des pneus et les heures de fonctionnement selon diverses classes d'utilisation pour tous les camions de l'étude, ainsi que le nombre d'heures de fonctionnement accumulées pour tous les camions de la classe. Le pourcentage attribué aux pneus indique la proportion de tous les coûts de pièces et de main-d'œuvre qui est représentée par le coût des pneus.

Tendances des coûts selon l'utilisation

Le tableau 2 et l'annexe III permettent des comparaisons entre certains coûts de réparation. FERIC a constaté que des classes différentes de machines montraient des tendances de coût différentes. Par exemple, les coûts pour les boteurs de type D-8, les abatteuses-groupeuses non inclinables, les semi-porteurs, les excavatrices petites et moyennes, les débardeurs à grappin petits et gros, les débardeurs à chenilles de type D-5 et les grues de téléphéage augmentaient à mesure que les machines prenaient de l'âge. Par contre, les boteurs de type D-6 et D-7,

les abatteuses-groupeuses inclinables, les grosses excavatrices, les grues à câble, les façonneuses (sauf les petites façonneuses montées sur flèche), les débardeurs à grappin moyens, les camions et les chargeuses sur roues avaient des coûts plus constants avec l'âge.

Ces tendances pourraient avoir des implications pour la gestion des parcs d'équipements. Quand les coûts augmentent en fonction de l'âge, les coûts de réparation et d'entretien devraient jouer un rôle significatif dans les décisions de remplacement. Par contre, d'autres facteurs deviennent plus critiques dans ces décisions si les coûts de réparation demeurent stables avec l'âge.

En outre, et à cause de la nature grandement variable des coûts dans certaines classes, il pourrait être difficile de gérer un parc entier de véhicules en fonction des coûts de réparation et d'entretien. Le propriétaire devrait plutôt surveiller les coûts pour chaque machine individuellement et prendre les décisions de remplacement en conséquence.

Utilisation réelle versus utilisation rapportée des machines

Les coûts horaires générés pour ce rapport ont été dérivés d'après les heures-machines telles que rapportées dans les registres de coûts mensuels ou annuels des collaborateurs de l'étude. De plus, certains collaborateurs rapportaient le temps sous forme d'heures-opérateurs, dans lequel cas FERIC a estimé les heures-machines à partir des heures-opérateurs. Cependant, il n'a jamais été garanti que les heures-machines rapportées représentaient le temps de fonctionnement productif des machines, ni que des pratiques uniformes étaient utilisées par tous les collaborateurs en rapportant le temps-machine. C'était simplement la meilleure estimation possible du temps de fonctionnement, compte tenu des sources de données disponibles.

D'après l'expérience récente de FERIC avec des enregistreurs numériques de données

pour observer l'activité réelle des machines, la proportion de temps passé en travail productif peut varier de façon substantielle entre les opérations et entre les machines d'une même opération. Cette variation dans le temps de fonctionnement productif pourrait expliquer en partie la variation dans les coûts horaires de réparation et d'entretien si des machines différentes étaient opérées selon des régimes différents. Le fait de connaître le temps de fonctionnement productif réel pour chaque machine, lequel peut être mesuré à l'aide d'un enregistreur numérique de données, pourrait permettre d'arriver à une estimation plus fiable des coûts de réparation et d'entretien.

Possibilités futures de relevé des coûts

À long terme, la fiabilité de ces coûts peut être améliorée uniquement si d'autres observations sont ajoutées à la base de données, mais les obstacles rencontrés durant l'enquête et l'analyse doivent d'abord être réglés. FERIC a constaté que plusieurs compagnies gardent des registres de coût basés sur des groupes de machines, et ont donc été dans l'impossibilité de participer à l'enquête. De plus, chacun des sites où FERIC a obtenu des données utilisait un système particulier de comptabilité, ou même utilisait différents systèmes de comptabilité durant différentes périodes de temps couvertes par l'enquête. Cela signifiait que les données nécessitaient beaucoup de manipulation avant de pouvoir être entrées dans la base de données. Enfin, des particularités telles que l'échange de composants entre différents véhicules porteurs ou des données manquantes pour les machines usagées ont compliqué le processus de tenue des dossiers et éliminé certaines machines de l'enquête. Il en résulte que le bassin de machines ayant des dossiers suffisamment détaillés pour faire partie de l'analyse est limité.

Si les compagnies membres de FERIC et leurs entrepreneurs souhaitent développer cette base de données en y ajoutant de l'information, ces problèmes doivent d'abord

être réglés pour augmenter l'efficacité des processus d'enquête et d'analyse. Un système normalisé de suivi des coûts serait utile, mais plusieurs collaborateurs potentiels ont indiqué qu'ils ne pouvaient se permettre de doubler leurs efforts d'entrée des données en ajoutant un système séparé de suivi des coûts à leur système existant de comptabilité générale. La mise au point d'un système normalisé de suivi des coûts qui intégrerait différents systèmes de comptabilité générale serait avantageux, mais poserait un défi majeur.

Conclusions

Ce projet a produit un relevé des coûts réels de réparation et d'entretien de près de 400 machines de récolte forestière comptant presque deux millions d'heures de fonctionnement et provenant de neuf sites de compagnies et d'entrepreneurs en Colombie-Britannique et en Alberta. Des coûts moyens de réparation et d'entretien ont été calculés pour 27 classes de machines. Les coûts moyens ont été subdivisés en coûts pour des machines ayant 5 000, 10 000, 15 000, 20 000 et 25 000 heures de fonctionnement.

Les coûts dans ce rapport pourraient être utilisés comme point de départ pour estimer les coûts de réparation et d'entretien dans différents modèles de coûts; cependant, FERIC recommande fortement de les utiliser avec prudence à cause de leur nature hautement variable. Le lecteur devrait considérer ces coûts en combinaison avec d'autres sources d'information qui pourraient déjà être en usage.

Tous les propriétaires ne gardent pas leurs équipements pendant la même période de temps. Le calcul des coûts de réparation sur différentes périodes de service, comme il a été fait dans cette enquête, permet d'estimer les coûts pour différentes périodes de propriété. L'analyse a montré que les coûts pour certaines classes de machines augmentent avec leur durée de service, alors que pour d'autres classes ils demeurent

constants. Ces caractéristiques différentes de vieillissement peuvent affecter la décision relative au remplacement d'une vieille machine par une neuve. Par exemple, si les coûts de réparation augmentent avec l'utilisation, ils devraient alors constituer un facteur de plus grand poids dans la décision de remplacement que s'ils demeurent relativement stables avec le temps.

Les coûts grandement variables à l'intérieur des classes impliquent que la gestion des coûts sur la base d'une classe ou du groupe entier de machines n'est pas toujours pratique. Il peut être nécessaire de gérer les coûts plutôt en fonction de machines individuelles. Les limitations du projet n'ont pas permis d'établir si la variabilité à l'intérieur d'une classe était le résultat du nombre limité d'échantillons ou si les coûts sont intrinsèquement variables.

Un désavantage dans l'utilisation des registres comptables pour trouver le total des coûts est que ce total était basé sur les coûts de main-d'œuvre plutôt que sur les heures de travail. Par conséquent, les différences entre les méthodes de calcul des coûts pour différents sites causaient des différences systématiques dans le coût total, lesquelles ne peuvent être attribuées aux machines elles-mêmes. Par exemple, certains coûts de main-d'œuvre étaient fondés sur les salaires plus les avantages sociaux, alors que d'autres étaient basés sur un taux d'atelier. De plus, des taux de salaire différents donneraient des coûts de réparation différents, même si les machines elles-mêmes avaient des antécédents de réparation similaires. L'enregistrement du temps de réparation plutôt que du coût, puis son application à un taux de salaire standard, corrigerait cette faiblesse. Cependant, il ne serait pas pratique de dériver cette information des systèmes courants de tenue de livres.

L'analyse a démontré que les coûts de réparation étaient hautement variables à l'intérieur de certaines classes de machines, et que la variabilité ne pouvait être expliquée en utilisant l'information traditionnelle provenant des registres comptables. Il pourrait être possible de développer un modèle plus détaillé en utilisant des facteurs plus spécifiques au site, mais un tel modèle ne serait applicable qu'à une gamme peu étendue de sites. De plus, le temps requis pour enregistrer l'information additionnelle sur une base continue pourrait rendre non pratique de le faire de façon courante. FERIC croit que les projets futurs de suivi des coûts continueront à être basés sur une information générale afin d'être applicables à la gamme la plus étendue de sites.

Référence

Statistique Canada. 2002. Indices des prix des machines et du matériel. Accessible sur le Web à [http://www.statcan.ca/francais/sdds/2312\(f.htm](http://www.statcan.ca/francais/sdds/2312(f.htm).

Remerciements

L'auteur désire remercier les propriétaires et les employés de toutes les compagnies collaboratrices qui ont participé à l'enquête. Le temps qu'ils ont généreusement mis à notre disposition et leur aide pour comprendre leur système de tenue de livres ont été essentiels au succès de ce projet.

Merci aux personnes suivantes pour avoir aidé à la collecte des données :

- Stacey Schunter, Rusty Schunter et Yvonne Kuraoka de R.J. Schunter Contracting Ltd.;
- Michelle Rose et Frank Sanders de la Division Midway de Pope & Talbot Ltd.;
- Sean Heard, Darlene Geary et Sylvia Cline de Ted LeRoy Trucking Ltd.;
- Bob Logue et George Nyman de la Division North Island de Weyerhaeuser Company Limited;
- Gerry Walsh du siège social de Weldwood of Canada Limited, pour nous avoir fourni les données de la Division Hinton;
- Ken Mutter, Jerry Kuster et Norma Hykaway de la Division Woss de Canadian Forest Products Ltd.;
- Donna Friasen de D & J Isley & Sons;
- Dag Waddell et Murrey Fish de Sanders & Co Contracting Ltd.; et
- Robin Stewart et Shelley Stewart de R. Stewart Enterprises Ltd.

Un merci particulier s'adresse aux membres du comité d'orientation dont les précieux conseils ont assuré la bonne marche du projet. Ce sont :

- Jason Leroy de Ted Leroy Trucking Ltd.;
- Lyle McMurdo et Dennis Young de Weyerhaeuser Company Limited;
- Mike Manson de Canadian Forest Products Ltd.;
- Jim Knight de Tolko Industries Ltd.;
- Eric Pascas de Lignum Ltd.;
- Ken Taylor de Pope & Talbot Ltd.;
- Roy Isley de D & J Isley & Sons; et
- Gerry Walsh de Weldwood of Canada Limited.

Annexe I

Indices des prix des machines et du matériel

Année	Facteur cumulatif de tendance des coûts
1990	1,223
1991	1,364
1992	1,272
1993	1,218
1994	1,196
1995	1,182
1996	1,173
1997	1,132
1998	1,060
1999	1,071
2000	1,013
2001	1,000
2002	1,000

Toutes les comparaisons ont été faites comme si les incidents de réparation étaient survenus en 2002. Les coûts tels qu'enregistrés pour chaque année spécifiée ont été multipliés par le facteur cumulatif de tendance des coûts qui apparaît dans ce tableau, pour estimer les coûts en 2002.

Annexe II

Marque et modèle par classe de machines

Toutes les machines qui ont fait partie de l'enquête apparaissent dans ce tableau. Certaines classes comptaient un nombre insuffisant de machines ou d'heures de fonctionnement pour être incluses dans l'analyse, mais elles sont mentionnées ici afin de présenter une image complète.

Semi-porteur : 25 000–35 000 kg Timberjack 933	Kobelco SK300 Kobelco SK350 Kobelco SK370 Kobelco SK375 Komatsu PC300
Tracteur à chenilles : type D-3 Komatsu D 31	Link Belt 4300 Madill 3800
Tracteur à chenilles : type D-5 Komatsu D 65	
Tracteur à chenilles : type D-6 Caterpillar D6 Komatsu D 85	Excavatrice/chargeuse : 50+ tonnes (45 000+ kg) Hitachi 480 John Deere 450 John Deere 992 Kobelco SK400 Kobelco SK475 Komatsu PC400 Madill 4800
Tracteur à chenilles : type D-7 Caterpillar D7 International TD20 Komatsu D155	
Tracteur à chenilles : type D-8 Caterpillar D8	Abatteuse-groupeuse : non inclinable (<25 000 kg) Komatsu PC200(fb)
Excavatrice/chargeuse : 20 tonnes (15 000–25 000 kg) Caterpillar 315 Caterpillar 320 Hyundai 220 John Deere 200 John Deere 230 John Deere 270 John Deere 690 John Deere 790 Kobelco SK150 Komatsu PC150 Link Belt 2650 Link Belt 2700	Abatteuse-groupeuse : non inclinable (25 000+ kg) Caterpillar TK921 John Deere 853 Tigercat 860 Timberjack 618 Timberjack 850 Timberjack 950
Excavatrice/chargeuse : 30 tonnes (25 000–35 000 kg) Caterpillar 300 Hitachi 250 John Deere 330 Kobelco SK330 Komatsu PC250 Link Belt 3400	Abatteuse-groupeuse : inclinable (<25 000 kg) Timbco T425
Excavatrice/chargeuse : 40 tonnes (35 000–45 000 kg) Barko 475 Caterpillar 235 Caterpillar 325 Caterpillar 330 John Deere 892	Abatteuse-groupeuse : inclinable (25 000+ kg) Caterpillar TK923 John Deere 753 inclinable Madill 2200 Timbco 445 Timberjack 2628
	Chargeuse à câble : non spécifié American 7220 Madill 075
	Façonneuse : montée sur flèche - grosse, ouverture 65 cm et plus Denharco 4400 Denis 30 Limmit 2200 Quadco ForestPro

Façonneuse : montée sur flèche - petite, ouverture

65 cm et moins

Denharco 3000

Limmit 2000

Limmit 2100

Façonneuse : à oscillation libre - grosse, 60 cm et plus
(gros bout)

Keto 500

Valmet 965

Façonneuse : à oscillation libre - petite, 60 cm et plus
(gros bout)

Denharco DH550

Pierce 20

Target

Valmet 960

Perforatrice : hydraulique - montée sur excavatrice

Atlas Copco

Perforatrice : hydraulique - montée sur tank

Chapman Roc Champ

Rotair Drill King

Perforatrice : tank

Finning M40

Camion pour roches : hors route - non spécifié

Caterpillar 250

Caterpillar 300 camion

Débardeur : grappin - gros (>16 000 kg)

John Deere 748

Tigercat 635

Timberjack 660

Débardeur : grappin - moyen (12 000–16 000 kg)

Caterpillar 525

John Deere 648

Tigercat 630

Timberjack 450

Timberjack 460

Timberjack 480

Timberjack 560

Débardeur : grappin - petite (<12 000 kg)

Timberjack 240

Débardeur : petite - à câble

Caterpillar 518

Débardeur : sur chenilles - type D4 (<15 000 kg)

Caterpillar D4H

Débardeur : sur chenilles - type D5 (15 000–25 000 kg)

Caterpillar 527/D5

Tour de téléphéage : grosse

Madill 3-450

Madill 3-500

Madill S-90

Tour de téléphéage : surdimensionnée

Washington 217

Camion : routier - train B

Western Star 4986 - train-B

Camion : routier - à ridelles

Kenworth T800 - ridelles

Western Star 4986 - ridelles

Camion : routier - remorque à poutre télescopique

Kenworth T800 - poutre télescopique

Kenworth T800 - poutre télescopique,
autochargeur

Kenworth T800 - essieu auxiliaire

Western Star 4986S - essieu auxiliaire

Western Star 4986S - poutre télescopique

Camion : routier - tridem-tridem

Kenworth T800 - tridem moteur

Camion : hors grand-route - remorque à poutre télescopique

Western Star 6964

Chargeuse sur roues : grosse, empattement 3600–3800 mm

Kawasaki 115

Chargeuse sur roues : moyenne, empattement 3300–3600 mm

Caterpillar 966

John Deere 744

Kawasaki 95

Samsung 250

Chargeuse sur roues : petite, empattement <3300 mm

Caterpillar 950

Caterpillar 966C

Komatsu WA250

Grue de téléphéage : grosse

Cypress 7280

Madill 124

Madill 144

Annexe III

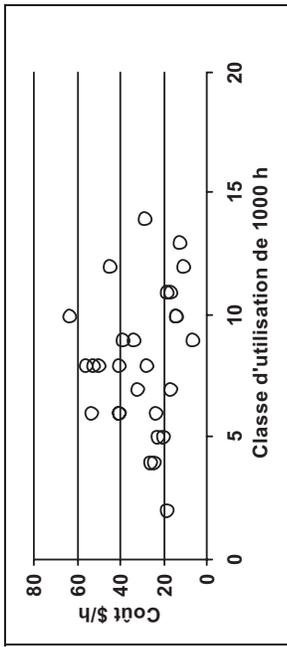
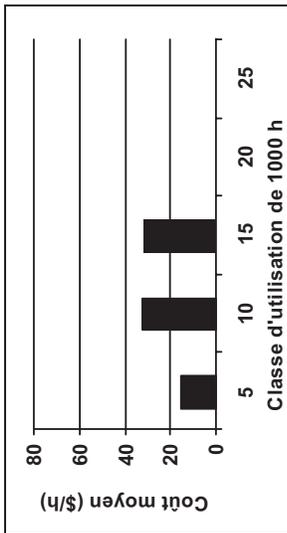
Points échantillons et coefficients de détermination par régression pour chaque classe de machines

Les pages suivantes contiennent des détails au sujet des données de l'étude.

- Les diagrammes à colonnes montrent les coûts moyens pour chaque classe de machines et classe d'utilisation.
- Les diagrammes de dispersion montrent la quantité et la distribution des données d'étude pour chaque classe. L'échelle des axes verticaux des diagrammes de dispersion est variable selon la gamme de données. En comparant les diagrammes des différentes classes de machines, il faut tenir compte des échelles variables.
- Les tableaux montrent la taille de l'échantillon et à quel point la droite de régression est ajustée aux points échantillons.
- Les classes de machines comptant moins de quatre machines, de huit points échantillons, ou de 15 000 heures de fonctionnement ont été omises.

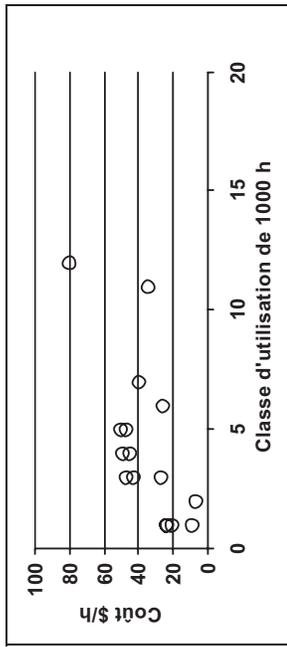
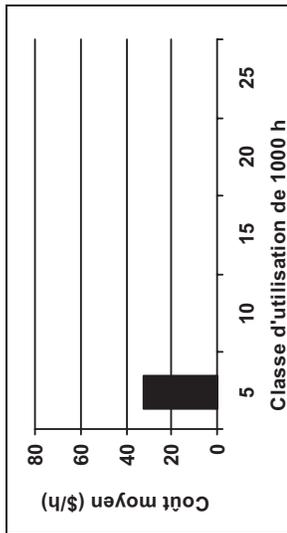
Abatteuse-groupeuse: inclinable (<25 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h) Régr.	Moyenne	
5	2	5	3	5	7,742	0,63	15,65	20,62
10	2	10	6	22	32,176	0,02	32,15	34,56
15	2	14	6	28	38,226	0,01	31,13	30,73
20	2	14	6	28	38,226			
25	2	14	6	28	38,226			



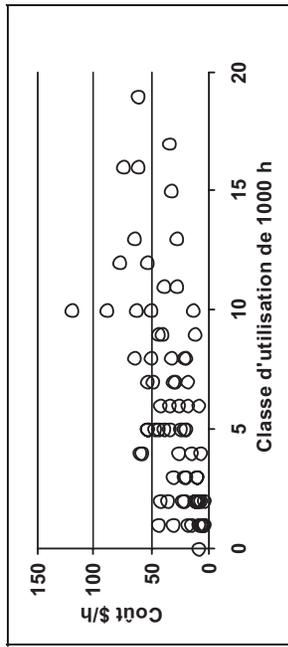
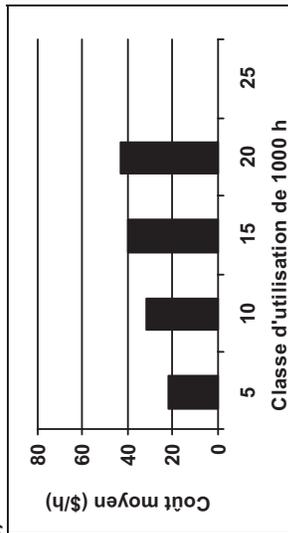
Abatteuse-groupeuse: inclinable (25 000+ kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h) Régr.	Moyenne	
5	1	5	6	13	17,955	0,65	32,29	33,32
10	1	7	6	15	20,017			
15	1	11	7	16	21,773			
20	1	11	7	16	21,773			
25	1	11	7	16	21,773			



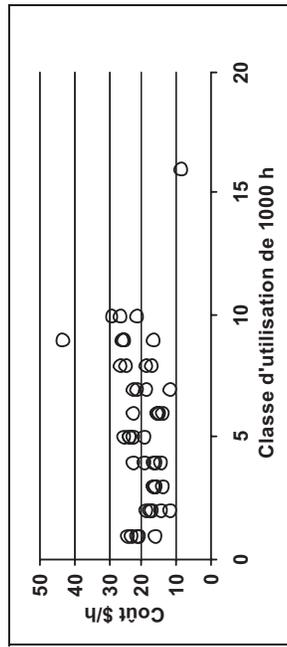
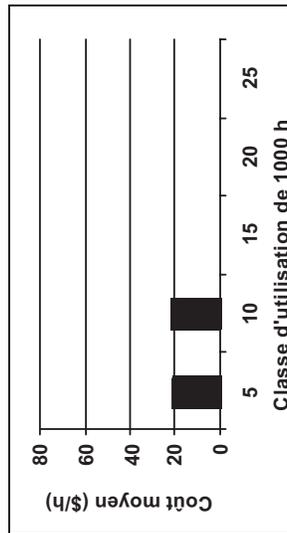
Abatteuse-groupeuse: non inclinable (25 000+ kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h) Régr.	Moyenne	
5	0	5	18	39	61,468	0,34	21,59	22,79
10	0	10	20	62	90,293	0,28	31,37	29,81
15	0	15	20	69	100,607	0,30	39,36	32,09
20	0	19	20	73	108,126	0,29	43,08	32,18
25	0	19	20	73	108,126			



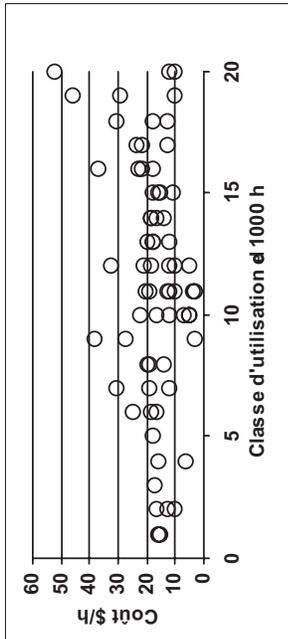
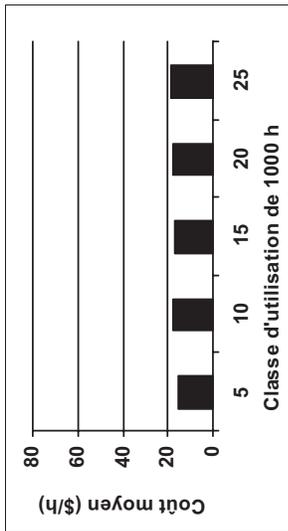
Camion - routier: à ridelles

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h) Régr.	Moyenne	
5	1	5	5	25	27,434	0,00	21,06	21,14
10	1	10	5	45	50,011	0,09	21,56	21,65
15	1	10	5	45	50,011			
20	1	16	6	46	51,311			
25	1	16	6	46	51,311			



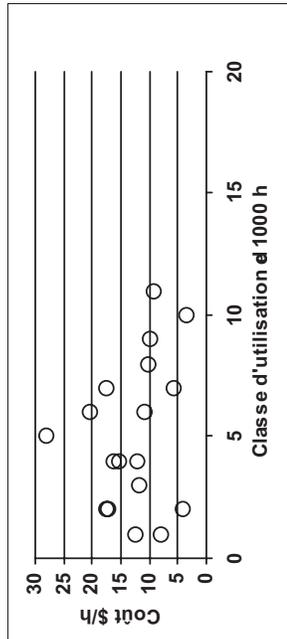
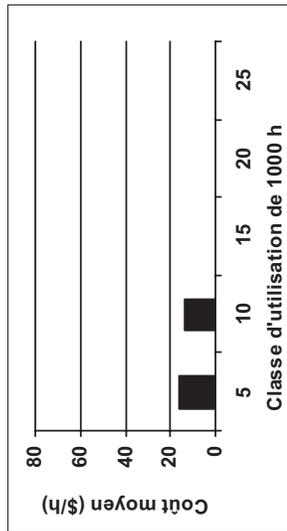
Camion - routier: remorque à poutre télescopique

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	3	10	13,628	0,00	15,76	15,76
10	1	10	9	28	33,366	0,00	17,44	17,49
15	1	15	11	53	59,891	0,00	16,90	16,75
20	1	20	11	69	76,040	0,06	18,11	18,67
25	1	25	11	83	91,266	0,04	18,70	18,93



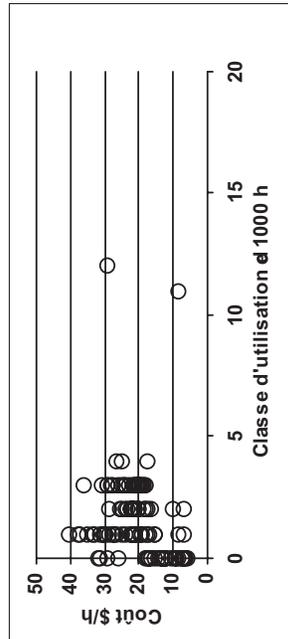
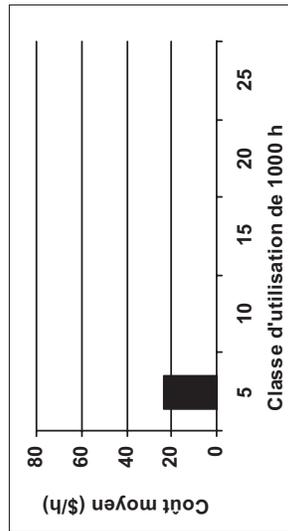
Camion - routier: train-B

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	4	10	19,823	0,31	16,10	17,11
10	1	10	5	17	28,226	0,03	13,83	13,94
15	1	11	5	18	28,965			
20	1	11	5	18	28,965			
25	1	11	5	18	28,965			



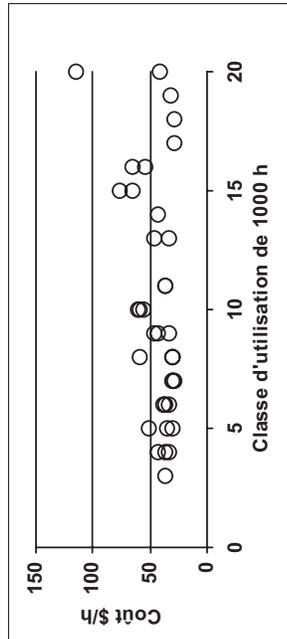
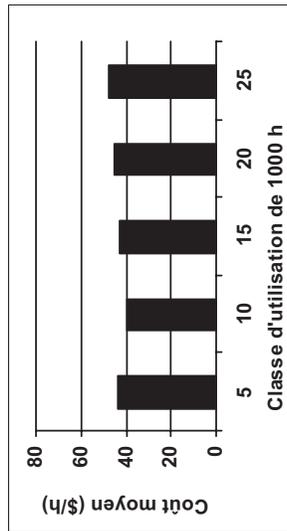
Camion - routier: tridem-tridem

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	4	58	99	149,725	0,11	23,43	21,23
10	0	4	58	99	149,725			
15	0	12	59	100	151,144			
20	0	12	59	100	151,144			
25	0	12	59	100	151,144			



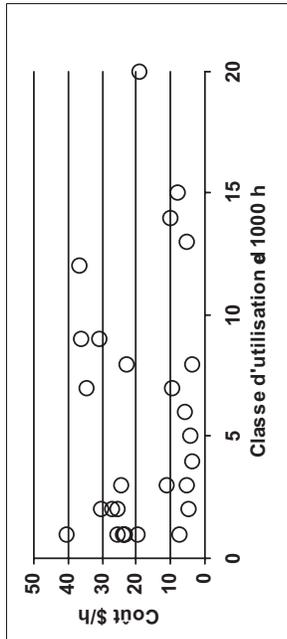
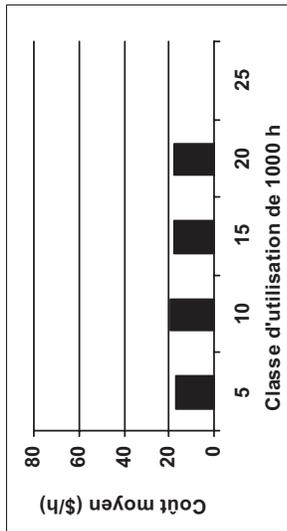
Chargeuse à câble: non spécifié

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	3	5	3	7	6,659	0,02	43,25	40,69
10	3	10	3	22	22,245	0,11	39,96	42,78
15	3	15	5	29	30,468	0,24	42,65	44,15
20	3	20	6	36	37,820	0,14	45,55	45,87
25	3	23	6	38	40,917	0,13	47,80	45,91



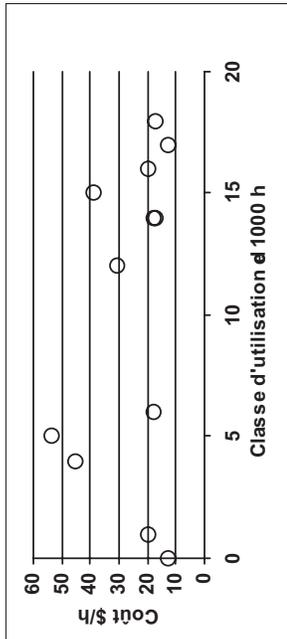
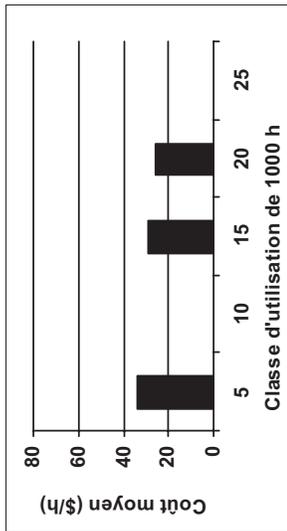
Chargeuse sur roues: moyen, empattement 3300 - 3600 mm

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	7	15	21,465	0,33	16,91	18,94
10	1	9	9	22	29,920	0,00	19,22	19,36
15	1	15	10	26	33,992	0,02	17,82	18,67
20	1	20	11	27	35,381	0,01	17,55	18,66
25	1	20	11	27	35,381			



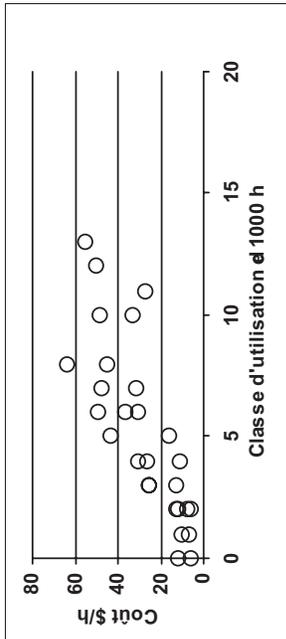
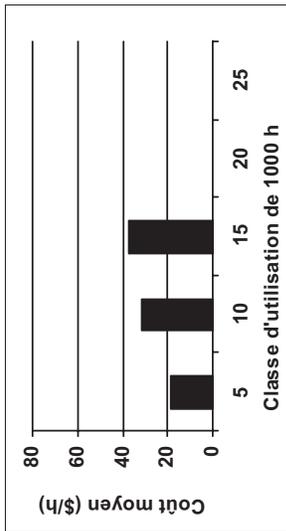
Chargeuse sur roues: petite, empattement <3300 mm

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	5	3	4	4,019	1,00	33,94	33,94
10	0	6	3	5	4,865			
15	0	15	5	9	12,054	0,00	29,17	29,20
20	0	18	5	12	17,710	0,06	25,73	25,63
25	0	18	5	12	17,710			



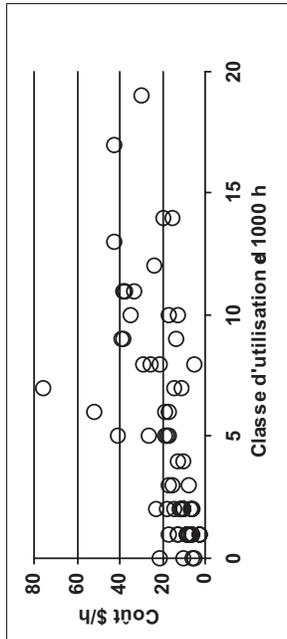
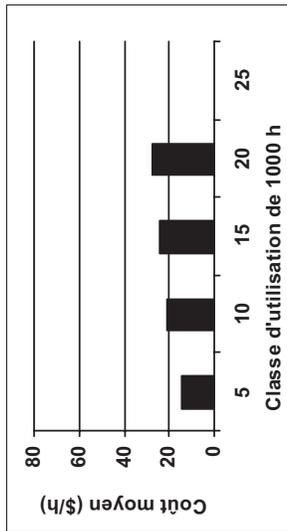
Débardeur: sur chenilles - type D5 (15 000 - 25 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	5	5	15	18,108	0,30	18,52	19,61
10	0	10	8	24	30,788	0,63	31,28	29,16
15	0	13	8	27	34,391	0,62	37,30	29,19
20	0	13	8	27	34,391			
25	0	13	8	27	34,391			



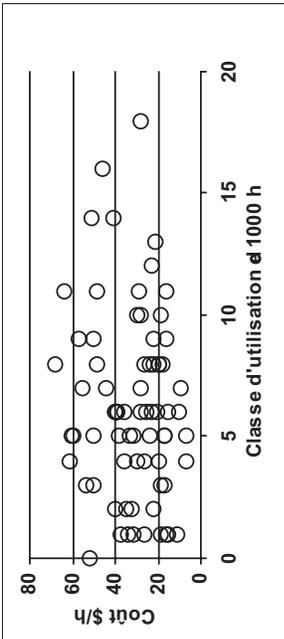
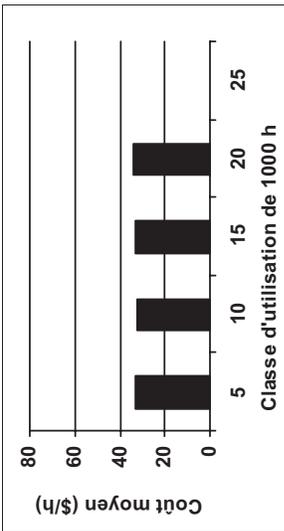
Débardeur: grappin - gros (>16 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	5	16	34	42,021	0,32	14,37	13,37
10	0	10	18	50	59,659	0,27	20,68	18,30
15	0	14	19	57	70,260	0,28	24,39	19,65
20	0	19	19	59	74,055	0,29	27,86	20,03
25	0	19	19	59	74,055			



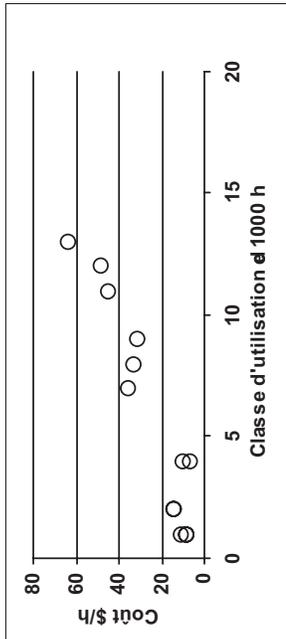
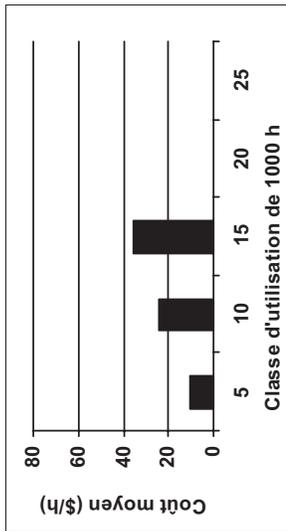
Débardeur: grappin - moyen (12 000 - 16 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	5	16	33	49,684	0,00	33,44	33,80
10	0	10	19	63	98,683	0,00	32,70	32,70
15	0	14	19	71	111,086	0,01	33,40	32,86
20	0	18	19	73	116,394	0,01	34,11	32,76
25	0	18	19	73	116,394			



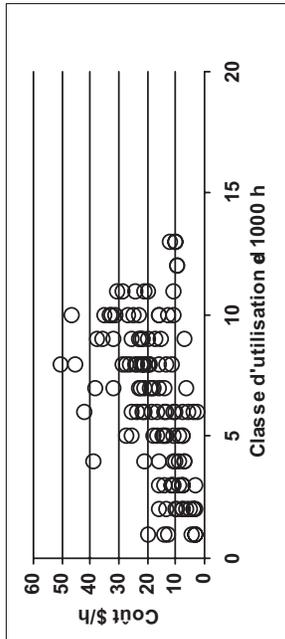
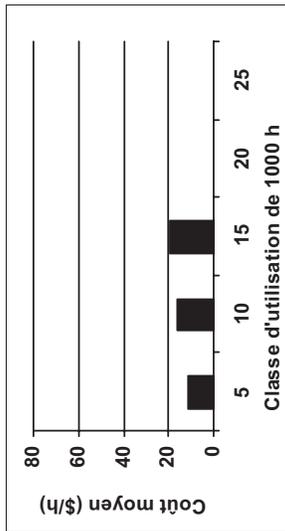
Débardeur: grappin - petit (<12 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	4	3	7	12,285	0,06	10,38	10,58
10	1	9	4	10	15,229	0,75	24,14	19,56
15	1	13	4	13	19,086	0,89	35,73	28,12
20	1	13	4	13	19,086			
25	1	13	4	13	19,086			



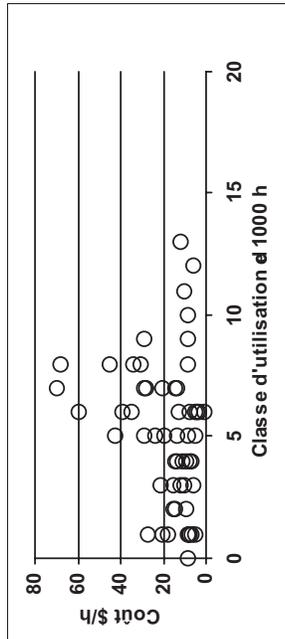
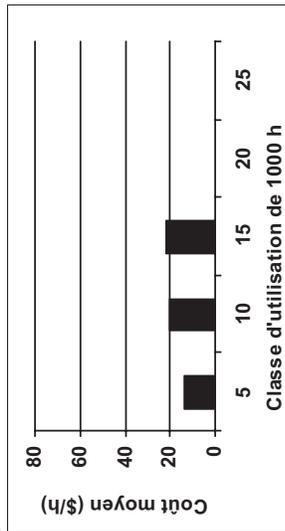
Excavatrice/chargeuse: 20 tonnes (15 000 - 25 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	22	43	58,577	0,14	11,02	12,30
10	1	10	39	108	143,674	0,32	16,37	18,57
15	1	13	39	119	159,371	0,19	19,71	18,29
20	1	13	39	119	159,371			
25	1	13	39	119	159,371			



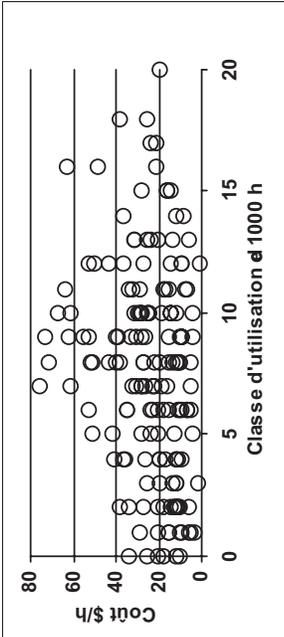
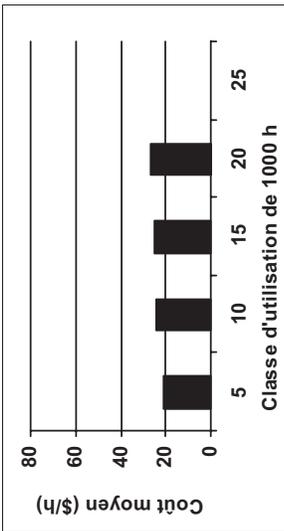
Excavatrice/chargeuse: 30 tonnes (25 000 - 35 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	5	11	29	35,628	0,07	13,73	14,41
10	0	10	16	51	60,846	0,14	20,52	20,04
15	0	13	16	54	63,827	0,05	22,16	19,37
20	0	13	16	54	63,827			
25	0	13	16	54	63,827			



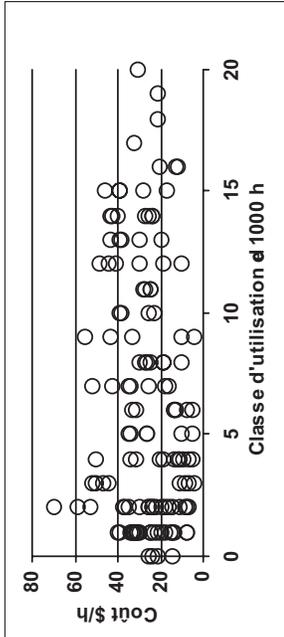
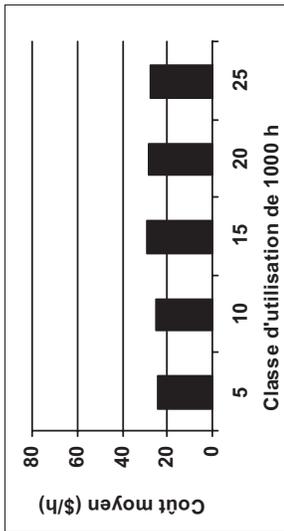
Excavatrice/chargeuse: 40 tonnes (35 000 - 45 000 kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts (nbre)	Utilisation (h)	r ²	Coût moyen (\$/h)
							Régr. Moyenne
5	0	5	21	51	65,837	0,06	21,40 21,66
10	0	10	32	124	152,876	0,07	24,38 25,64
15	0	15	33	159	192,506	0,01	24,86 24,78
20	0	20	33	167	201,773	0,02	26,39 25,18
25	0	20	33	167	201,773		



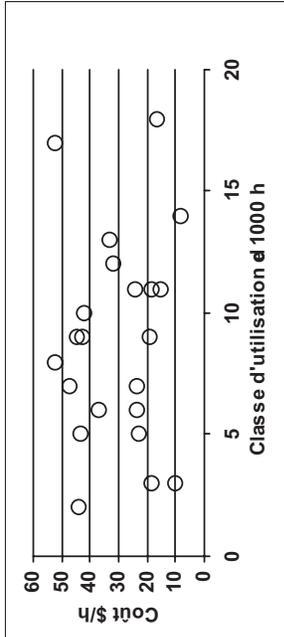
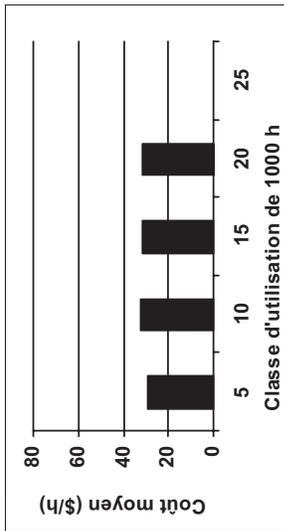
Excavatrice/chargeuse: 50+ tonnes (45 000+ kg)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts (nbre)	Utilisation (h)	r ²	Coût moyen (\$/h)
							Régr. Moyenne
5	0	5	26	69	95,831	0,01	24,13 24,31
10	0	10	27	99	127,725	0,00	25,27 25,08
15	0	15	30	126	158,200	0,04	28,88 27,85
20	0	20	30	133	165,951	0,02	28,36 27,13
25	0	25	30	138	171,078	0,01	27,55 26,58



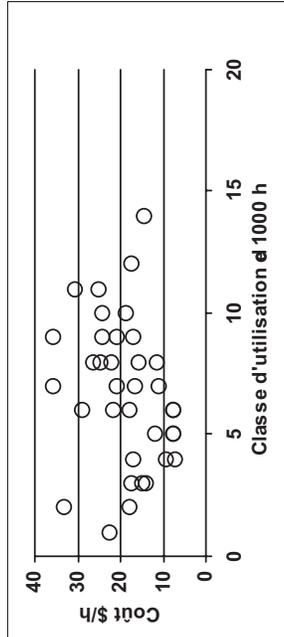
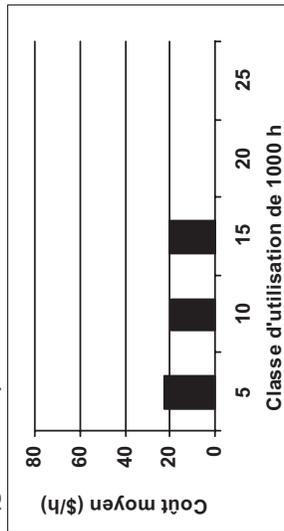
Façonneuse: à oscillation libre - grosse, 60 cm et plus (gros bout)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts (nbre)	Utilisation (h)	r ²	Coût moyen (\$/h)
							Régr. Moyenne
5	2	5	4	5	11,039	0,00	28,77 29,64
10	2	10	5	14	32,192	0,12	32,71 35,32
15	2	14	5	20	44,221	0,03	31,72 31,31
20	2	18	6	22	46,551	0,01	31,25 31,61
25	2	18	6	22	46,551		



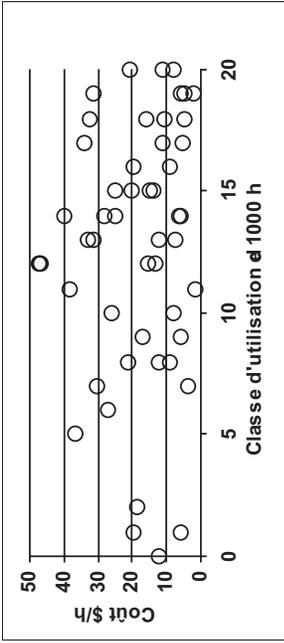
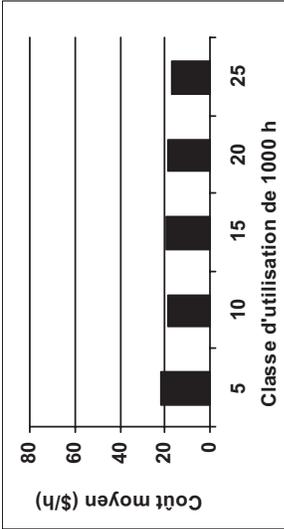
Façonneuse: à oscillation libre - petite, 60 cm et moins (gros bout)

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts (nbre)	Utilisation (h)	r ²	Coût moyen (\$/h)
							Régr. Moyenne
5	1	5	4	12	13,728	0,64	22,37 17,25
10	1	10	7	32	41,833	0,04	19,27 19,96
15	1	14	7	36	48,658	0,03	20,39 20,03
20	1	14	7	36	48,658		
25	1	14	7	36	48,658		



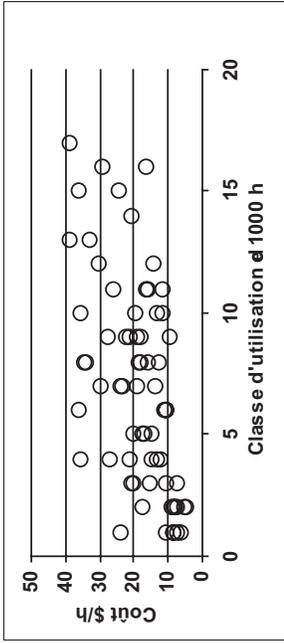
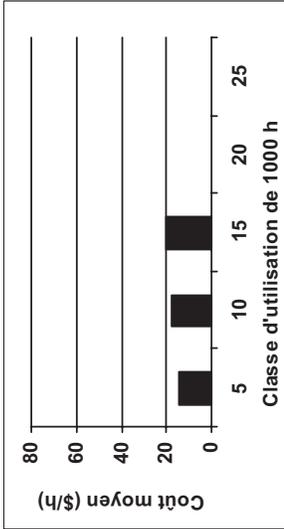
Façonneuse: montée sur flèche - grosse, ouverture 65 cm et plus

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	4	4	8,318	0,80	21,94	20,44
10	1	10	6	14	20,671	0,00	18,31	18,00
15	1	15	9	32	40,613	0,01	19,03	19,81
20	1	20	10	49	59,615	0,02	18,40	17,43
25	1	23	10	54	65,261	0,03	17,37	16,84



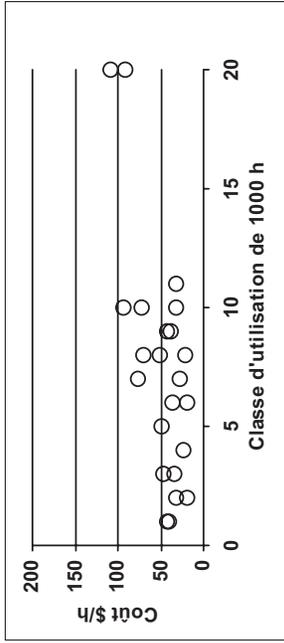
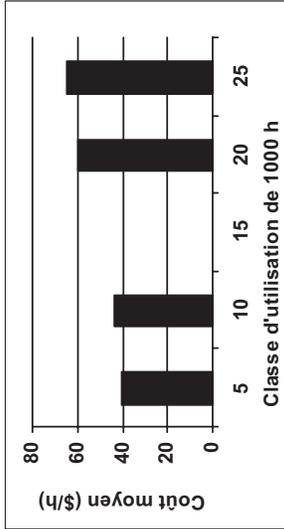
Façonneuse: montée sur flèche - petite, ouverture 65 cm et moins

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	10	29	36,679	0,15	14,81	15,70
10	1	10	13	54	63,357	0,17	17,71	18,01
15	1	15	14	65	75,102	0,22	20,51	19,34
20	1	17	14	68	78,456			
25	1	17	14	68	78,456			



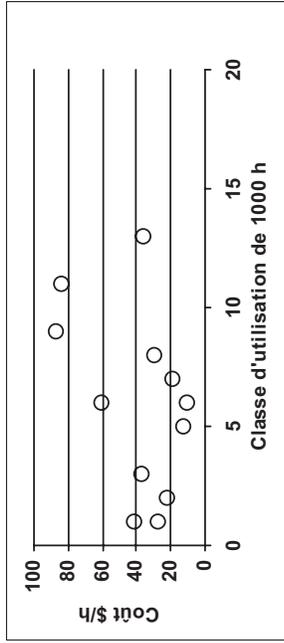
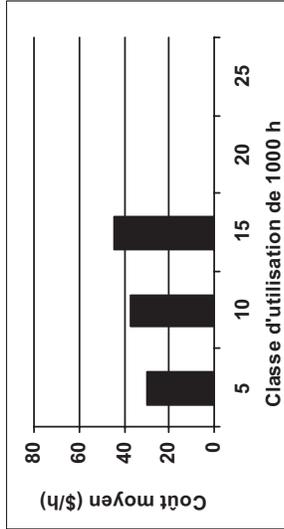
Grue de téléphérage: grosse

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	0	5	3	9	10,208	0,16	40,36	41,04
10	0	10	6	21	23,987	0,08	43,63	44,81
15	0	11	6	22	25,589			
20	0	20	8	24	28,614	0,41	59,46	49,48
25	0	25	10	38	44,789	0,49	65,04	66,13



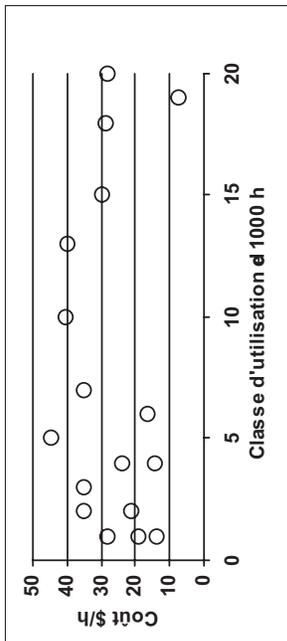
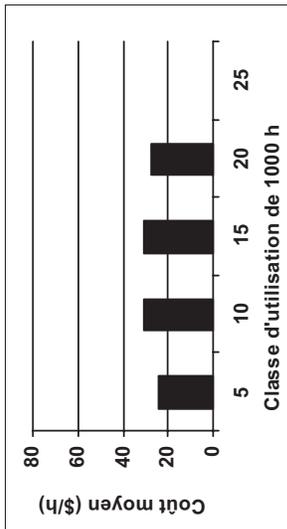
Semi-porteur: 25 000 - 35 000 kg

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)	Régr.	Moyenne
5	1	5	4	5	7,405	0,46	29,94	30,48
10	1	9	4	10	15,492	0,08	37,31	36,84
15	1	13	4	12	19,019	0,14	44,43	40,69
20	1	13	4	12	19,019			
25	1	13	4	12	19,019			



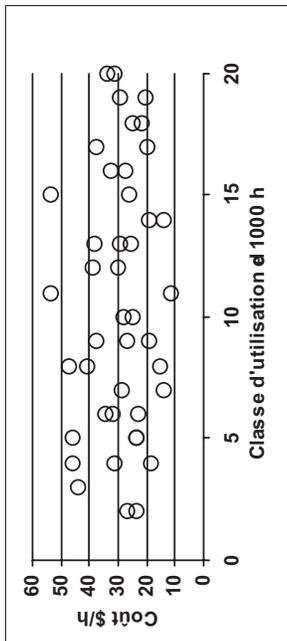
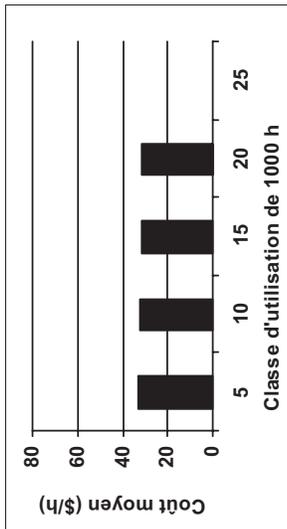
Tracteur à chenilles: type D-6

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)
5	1	5	4	10	14,160	Régr. 24,42 Moyenne 24,63
	10	1	10	5	21,742	0,22 30,37
15	1	15	5	14	25,435	0,18 31,06
	20	1	20	6	29,375	0,00 27,34
25	1	20	6	17	29,375	0,00 27,04



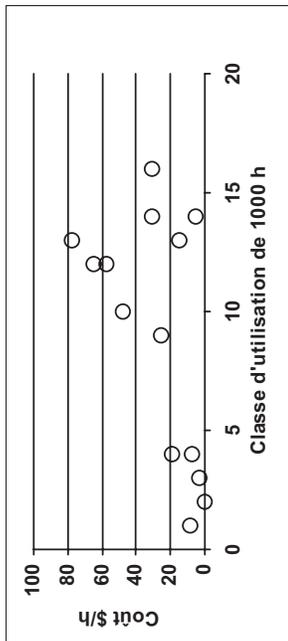
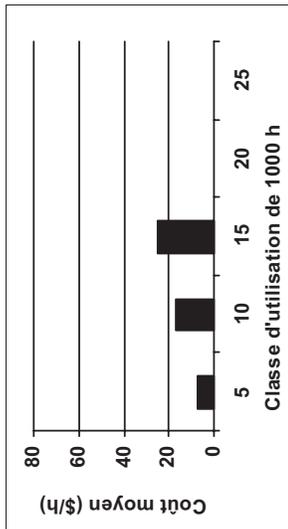
Tracteur à chenilles: type D-7

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)
5	2	5	4	9	10,590	0,00 33,29
	10	2	10	7	26,865	0,01 32,01
15	2	15	11	33	39,506	0,00 31,41
	20	2	20	11	43	49,567
25	2	21	11	44	51,093	0,00 31,86



Tracteur à chenilles: type D-8

Classe	Min	Max	Mach. (nbre)	Pts Utilisation (nbre)	r ²	Coût moyen (\$/h)
5	1	4	2	5	6,013	0,19 6,91
	10	1	10	3	8,579	0,78 17,22
15	1	14	6	13	16,093	0,36 25,28
	20	1	16	6	14	17,329
25	1	16	6	14	17,329	0,00 28,59



Annexe IV

Répartition entre les catégories de coûts

Classe de machines	Heures	Pièces (%)	Main-d'œuvre (%)	Autres (%)	Pneus (%)	Coûts totaux (\$)
Semi-porteur : 25 000–35 000 kg	19 019	33	67	0	0	904 318
Tracteur à chenilles : type D-6	27 393	59	41	0	0	788 820
Tracteur à chenilles : type D-7	34 063	66	34	0	0	1 268 514
Tracteur à chenilles : type D-8	15 493	46	54	0	0	393 231
Excavatrice/chargeuse : 20 tonnes (15 000–25 000 kg)	41 913	57	42	0	1	670 465
Excavatrice/chargeuse : 30 tonnes (25 000–35 000 kg)	50 740	59	41	0	0	1 016 166
Excavatrice/chargeuse : 40 tonnes (35 000–45 000 kg)	152 910	55	44	0	1	3 904 456
Excavatrice/chargeuse : 50+ tonnes (45 000 kg+)	123 524	53	46	1	0	3 001 662
Abatteuse-groupeuse : non inclinable (25 000+ kg)	102 195	48	52	0	0	3 815 212
Abatteuse-groupeuse : inclinable (<25 000 kg)	16 596	85	15	0	0	378 759
Abatteuse-groupeuse : inclinable (25 000+ kg)	21 305	56	44	0	0	787 767
Chargeuse à câble : non spécifié	31 854	53	42	4	1	1 636 060
Façonneuse : montée sur flèche - grosse, ouverture 65 cm et plus	58 150	71	29	0	0	961 800
Façonneuse : montée sur flèche - petite, ouverture 65 cm et moins	75 147	68	32	0	0	1 453 066
Façonneuse : à oscillation libre - petite, 60 cm et moins (gros gout)	38 194	62	38	0	0	823 015
Débardeur : grappin - gros (>16 000 kg)	61 127	62	38	0	0	1 157 007
Débardeur : grappin - moyen (12 000–16 000 kg)	94 068	30	68	0	2	3 407 130
Débardeur : grappin - petit (<12 000 kg)	19 086	30	70	0	0	425 952
Débardeur : sur chenilles - type D5 (15 000–25 000 kg)	25 883	55	45	0	0	865 783
Camion : routier - remorque à poutre télescopique	87 709	37	50	0	13	1 583 772
Camion : routier - tridem-tridem	147 647	39	45	0	16	3 302 957
Chargeuse sur roues : moyenne, empattement 3300–3600 mm	23 017	48	49	2	1	369 412
Grue de téléphéragé : grosse	42 570	66	30	4	0	3 174 455

Annexe V

Coûts des pneus pour les camions

Classe de machines	Classe d'utilisation	Tous les coûts (\$)	Coûts des pneus (\$)	Heures de fonctionnement (h)	Pourcentage des pneus (%)
Camion - routier : train-B	5	329 234	11 551	19 823	4
	10	429 816	15 335	28 226	4
Camion - routier : à ridelles	5	531 539	48 766	27 434	9
	10	1 020 876	65 546	50 011	6
Camion - routier : remorque à poutre télescopique	10	180 053	48 707	12 890	27
	15	582 065	86 708	39 759	15
	20	976 535	127 115	55 908	13
	25	1 264 497	137 346	71 134	11
Camion - routier : remorque à poutre télescopique	5	196 711	60 800	13 628	31
	10	546 267	122 853	33 543	22
	15	948 279	160 854	60 412	17
	20	1 342 749	201 261	76 561	15
	25	1 630 711	211 492	91 787	13
Camion - routier : tridem-tridem	5	3 312 129	531 625	150 031	16