

Contenu

Introduction.....	1
Méthodes d'études....	2
Résultats et discussion	4
Conclusion.....	7
Mise en application...	7
Remerciements.....	8
Références	8

Auteurs

Vincent Roy
et
Peter Hamilton

Région de l'Est

Essais de mesure de la consommation de carburant d'un porteur forestier

Mots clés

Productivité, Consommation de carburant, Transport, Machinerie, Opérations forestières, Porteur forestier, Mesure.

Résumé

Le profil de consommation de carburant de la machinerie forestière lors d'opérations de récolte est encore méconnu, et les techniques de mesure existantes sont peu éprouvées. À la demande de l'industrie, des chercheurs de FPIinnovations ont élaboré et comparé différents outils de mesure de consommation de carburant dans le but de développer une méthodologie d'analyse propre aux défis des opérations en milieu forestier. Les données fournies par le module de contrôle électronique d'un porteur Ponsse et lues par deux systèmes de suivi ont été comparées aux données mesurées par gravimétrie à l'aide de réservoirs de carburant portatifs. Cette étude montre la pertinence des outils de lecture dans l'analyse des impacts des pratiques de récolte et dans l'élaboration d'une méthodologie d'analyse de la consommation de carburant.

Figure 1. Porteur en marche pendant les essais



Introduction

La réduction de la consommation de carburant de la machinerie forestière serait bénéfique pour l'ensemble de l'industrie. Il existe cependant très peu de documentation pour orienter le développement de méthodes de caractérisation du profil de consommation des différentes machines qui opèrent en forêt. FPIinnovations a reçu le mandat de mettre en place la base des connaissances nécessaires pour corriger cette lacune.

Par le biais de son programme PIT, FPIInnovations travaille déjà à l'optimisation de la consommation de carburant pour le transport routier. Le transfert des méthodes de récolte et d'analyse des données de consommation de carburant utilisées dans l'industrie du transport routier vers les opérations hors route se bute cependant à trois défis : la présence limitée de dispositifs de mesure de volume de carburant sur les réservoirs portatifs utilisés en forêt, l'absence de modules de contrôle électronique sur une partie de la machinerie et la grande diversité des conditions d'opération en forêt.

En effet, les données provenant d'études de consommation de carburant de porteur forestier proviennent rarement de lecture d'ECM, mais plutôt de lecture journalière (Nordfjell, 2003). Cependant quelques études avaient déjà été réalisées sur le sujet (Brunberg, 2006).

Le présent rapport présente les résultats d'une série d'essais effectués à Dolbeau-Mistassini au Québec en collaboration avec le Centre de formation professionnelle de la Commission scolaire du Pays-des-Bleuets. Les trois objectifs principaux consistaient à : (1) évaluer diverses méthodes de mesure de consommation de carburant, (2) comparer la consommation de carburant pour deux

méthodes de travail et, finalement, (3) élaborer une méthodologie permettant de réaliser des essais de consommation de carburant propres à l'équipement forestier et hors route.

Méthodes d'études

Les essais ont été réalisés dans la forêt d'enseignement du Centre de formation professionnelle de la Commission scolaire du Pays-des-Bleuets, à quelques kilomètres de la Ville de Dolbeau-Mistassini, au Québec. Le choix d'un terrain à sol plat, ferme et sans obstacle (CPPA 1.1.1.) a permis de réduire au minimum les effets de la pente et d'autres variables sur les opérations. Des billes de seize pieds (5,04 m) ont été empilées perpendiculairement à la route pour les différents essais.

La performance d'un porteur Ponsse Elk 2006 a été étudiée, en raison de la simplicité du système hydraulique et de son grand potentiel. Le porteur était équipé d'une chargeuse K90 et d'un moteur Mercedes Benz OM904 produisant 130 Kw. Les conduites de carburant étaient équipées de raccords rapides reliés à un réservoir de carburant amovible conçu pour être facilement détaché et pesé (figure 2).

Figure 2. Réservoir amovible installé sur le porteur et emplacement des soupapes de régulation



Chaque essai durait environ une heure et comprenait six cycles composés d'un chargement et d'un déchargement. Le porteur était stationnaire et placé de telle sorte qu'il avait accès à une pile de bois suffisante pour remplir deux fois son panier arrière. Deux systèmes de chargement différents ont été comparés : courte portée (CP) et longue portée (LP). Dans les deux cas, les billes de 16 pieds étaient placées perpendiculairement à l'axe longitudinal du porteur. Lors des essais à CP, le centre de la pile de billes se situait à 5,5 m du point central de l'axe longitudinal du porteur, et l'opérateur ne devait pas utiliser la portion télescopique de la flèche pour charger et décharger le bois. Lors des essais à LP, le centre de la pile de billes se situait à 8 m du centre de l'axe longitudinal du porteur, et l'opérateur utilisait la portion télescopique pour toutes les opérations. Au total, huit essais ont été effectués : quatre à CP et quatre à LP (figure 3). Le volume de carburant a été calculé à partir de la masse du réservoir avant et après chaque essai. Finalement, la durée ainsi que le nombre moyen de manœuvres de grappin ont été enregistrés pour chaque cycle.

Figure 3. Porteur utilisant la portion télescopique de la flèche pour un essai de chargement à longue portée (1) et essai de chargement à courte portée (2)



Mesure de la consommation de carburant

Au cours des essais, deux techniques de mesure de la consommation de carburant ont été utilisées et comparées. La première consistait à utiliser des réservoirs de carburant portatifs installés temporairement sur le porteur. Les réservoirs étaient ainsi pesés avant et après chaque essai afin d'avoir la masse de carburant consommée. Le volume de carburant utilisé était ensuite calculé à l'aide de la masse et de la densité du carburant, déterminées sur place à l'aide d'un densimètre (mesure gravimétrique). La seconde consistait à lire les

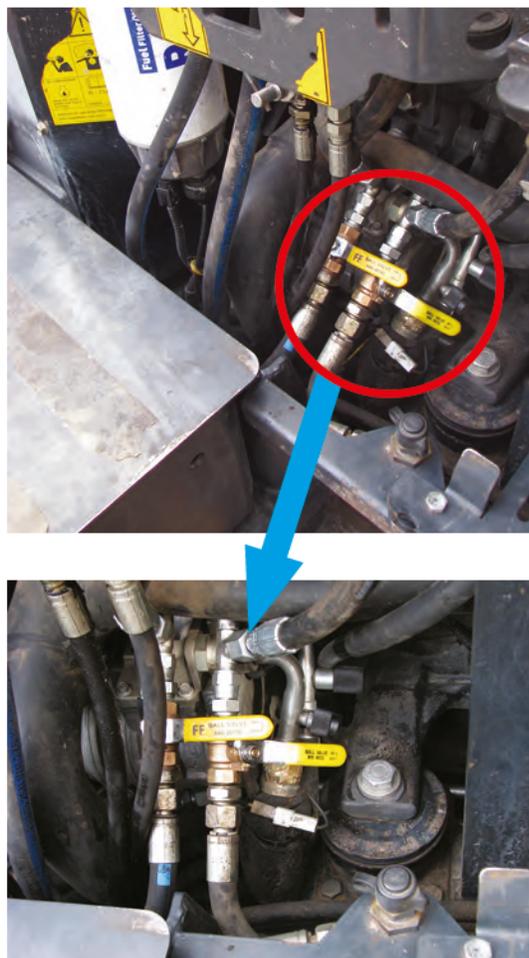
données de l'ECM du moteur avec deux systèmes de suivi différents. Deux lecteurs de données ECM disponibles sur le marché ont été installés dans la cabine du porteur. Le premier, le Serial Data Link (SDL), fournissait des données à un enregistreur MultiDAT de FPIinnovations et les données du second, un Memorator de la compagnie Kvaser, étaient enregistrées sur un ordinateur portable.

Résultats et discussion

Consommation de carburant pour le chargement avec courte et longue portée

En tenant compte de la densité du carburant, nous avons été en mesure de calculer la consommation horaire moyenne du porteur et de comparer le profil d'utilisation et de consommation entre les essais à CP et à LP. La différence moyenne entre les volumes de carburant consommés entre les deux types d'essai a été de 4,7 % en faveur de la méthode à CP. La confirmation de la validité de cette observation nécessiterait cependant des études supplémentaires avec des conditions d'opérations plus variées.

Figure 4. Soupapes de régulation installées à l'entrée et la sortie de la ligne de carburant



Gravimétrie contre ECM

Le tableau 1 compare les données des deux enregistreuses de données ECM à la mesure gravimétrique. De plus, il présente la différence entre les estimations du volume de carburant des deux lecteurs de données ECM. Un des essais de CP a été annulé en raison d'une erreur lors de l'enregistrement de la consommation.

En utilisant la méthode gravimétrique comme référence, les données indiquent clairement que les deux ensembles de données de l'ECM surestiment le volume réel consommé par le moteur. En effet, les données provenant des deux enregistreurs

montrent une consommation respective de 30 % et 34 % supérieure aux calculs gravimétriques. Ce manque d'exactitude peut être expliqué et interprété de différentes façons. Premièrement, il a déjà été démontré que tout ECM doit être calibré avant chaque utilisation (Surcel, Michaelsen, 2009). De plus, les données ECM sur la consommation de carburant sont plus fiables quand on en fait la moyenne sur de plus longues périodes ou sur un plus grand nombre d'essais. Par conséquent, il est risqué d'utiliser seulement les données ECM pour évaluer l'influence d'une technologie ou d'une pratique sur une courte période.



Figure 5. Réservoir amovible installé sur la balance pour le mesurage

Tableau 1. Carburant consommé par un porteur lors d'opérations de chargement et de déchargement

Méthode mise à l'essai*	Gravimétrique	SDL/MultiDat	Kvaser/Portable
1-CP	5,71	8,13	8,67
2-CP	5,46	7,86	8,42
3-CP	5,16	7,50	8,02
Moyenne CP	5,44	7,83	8,37
1-LP	6,19	8,66	9,28
2-LP	6,30	8,96	9,64
3-LP	5,71	8,17	8,49
4-LP	5,59	8,24	8,56
Moyenne LP	5,95	8,51	8,99

*CP : courte portée, LP : longue portée

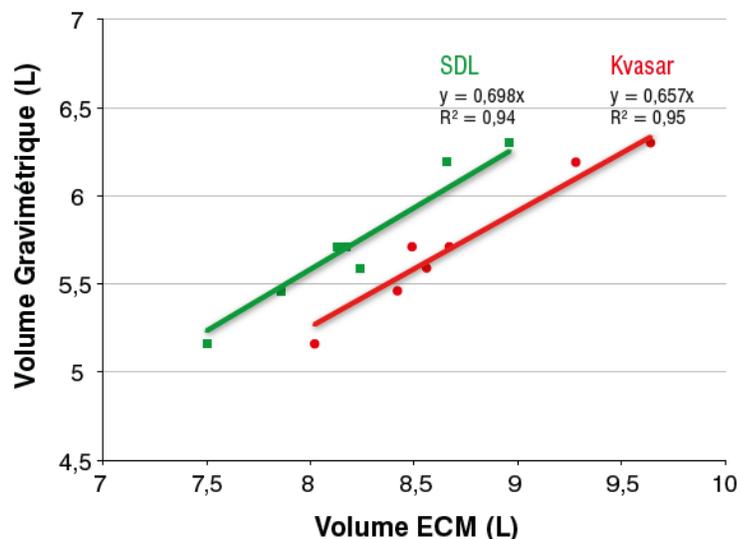
En utilisant la méthode gravimétrique comme référence, les données indiquent clairement que les deux ensembles de données de l'ECM surestiment le volume réel consommé par le moteur. En effet, les données provenant des deux enregistreurs montrent une consommation respective de 30 % et 34 % supérieure aux calculs gravimétriques. Ce manque d'exactitude peut être expliqué et interprété de différentes façons. Premièrement, il a déjà été démontré que tout ECM doit être calibré avant chaque utilisation (Surcel, Michaelsen, 2009). De plus, les données ECM sur la consommation de carburant sont plus fiables quand on en fait la moyenne sur de plus longues périodes ou sur un plus grand nombre d'essais. Par conséquent, il est risqué d'utiliser seulement les données ECM pour évaluer l'influence d'une technologie ou d'une pratique sur une courte période.

La figure 6 montre la relation entre les lectures de l'ECM provenant des deux enregistreurs par rapport au volume calculé par gravimétrie. Les deux droites de la figure 1 sont les courbes de régression obtenues par la méthode des moindres carrés passant par le point zéro.

Les équations obtenues permettent de calibrer les ECM de moteurs (nombre de pulses par litres consommés), puisque ces derniers doivent être ajustés afin d'éliminer le biais systématique. Bien qu'ils présentent des degrés de précision et d'exactitude différents, les coefficients de corrélation (R^2) montrent que les méthodes d'interprétation avec les enregistreurs de données d'ECM produisent des résultats étroitement liés à ceux de la méthode gravimétrique malgré un biais important. Il est donc possible d'utiliser l'un ou l'autre des dispositifs électroniques pour des études visant à recueillir des données de sources multiples à des fins de comparaison. Cependant, les lectures devront être ajustées en fonction du biais systématique prévisible.

L'erreur des mesures de l'ECM (c'est-à-dire la précision des enregistreurs), une fois le biais systématique corrigé, a été déterminée en utilisant une distribution normale avec une probabilité de 95 %. L'erreur ainsi calculée est de 3,1 % pour le système SDL et de 3,0 % pour le système Kvasar.

Figure 6. Ajustement de la courbe par les moindres carrés pour deux enregistreurs de données ECM et comparaison avec les volumes dérivés de la méthode gravimétrique.



Conclusion

Dans le but de développer une méthodologie d'analyse de la consommation de carburant propre aux défis des opérations en milieu forestier, FPInnovations a utilisé un transporteur pour comparer deux méthodes de mesure et documenter la consommation de carburant entre deux méthodes de travail. Malgré une durée d'étude limitée, cette dernière démontre que les enregistreurs de données provenant des modules de contrôles électroniques SDL et Kvaser peuvent fournir une estimation relativement précise (3,0 %) et comparable à la mesure gravimétrique de la consommation de carburant, à condition d'avoir développé des facteurs d'étalonnage appropriés et robustes. Cependant, les résultats sur le biais de l'ECM et la précision des enregistreurs doivent être interprétés avec réserve étant donné que les mesures proviennent d'un seul ECM.

Des essais dont la consommation de carburant serait de l'ordre de 20, 40 et 80 litres permettraient d'étendre et ainsi valider les observations de cette étude au-delà du faible intervalle expérimenté. Le travail sur la lecture des ECM se poursuit et FPInnovations vise éventuellement à l'intégrer dans son ordinateur de bord pour machines forestières, le FPDat^{MC}.

Mise en application

Cette étude a permis de constater qu'il est possible de se fier aux lectures des ECM pour déterminer la consommation de carburant avec une précision adéquate, mais qu'il demeure important de les calibrer, comme pour les ECM de moteur de camions. Pour effectuer cette calibration simplement, il suffit de remplir le réservoir de carburant à pleine capacité et commencer le suivi avec l'ECM. Lors du premier remplissage, il sera alors possible de comparer le volume à la pompe et celui donné par l'ECM. La calibration sera adéquate si la pompe utilisée est bien ajustée.

L'étude de consommation de carburant du porteur forestier a révélé que les opérations de chargement et de déchargement à plus longue portée utilisant la portion télescopique du mat semblent avoir consommé plus de carburant que lorsque la portion télescopique n'était pas utilisée. Il serait donc souhaitable de conscientiser les opérateurs des abatteuses-façonneuses quant à l'incidence de la distance entre les empilements de billes et le sentier du porteur sur la consommation de carburant de ce dernier. Dans la mesure où la productivité de l'abatteuse n'est pas affectée, il faudrait donc recommander d'empiler les billes le plus près possible des sentiers de débardage.

Remerciements

Ce projet a été financé par Ressources naturelles Canada dans le cadre de l'entente de contribution RNCan-FPInnovations. Le groupe des opérations forestières de FPInnovations aimerait remercier le personnel du Centre de formation professionnelle de Dolbeau pour sa collaboration et sa contribution à la présente étude (porteur mis à l'essai, opérateur et soutien mécanique). Nous aimerions aussi remercier l'équipe d'Hydromec Ltée, de Dolbeau, pour le soutien technique relatif à l'accès à l'ECM.

Références

- Brunberg, T et Granlund, P. 2006. Determination of the fuel-consumption index for forwarders, Technical Collaboration Group, Skogforsk, 6p.
- Nordfjell, T et all. 2003. Fuel Consumption In Forwarders, International Journal of Forest Engineering, 14(2): 11-20.
- Surcel, MD et Michaelsen, J. 2009. Évaluation de l'exactitude et de la précision de modules de contrôle électronique pour la saisie de données sur le carburant, *Avantage*, Vol.11, no.10, 8p.

FPInnovations

Région Est

570, boul. St-Jean
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9

☎ 514 630-4100

☎ 514 694-4351

✉ publications@fpinnovations.ca

Région Ouest

2601 East Mall
Vancouver, BC, V6T 1Z4

☎ 604 222-3221

☎ 604 228-0999

✉ publications@fpinnovations.ca

Mise en garde

Ce rapport est publié uniquement à titre d'information à l'intention des membres de FPInnovations. Il ne doit pas être considéré comme une approbation par FPInnovations d'un produit ou d'un service à l'exclusion d'autres qui pourraient être adéquats.

This publication is also available in English.

© Copyright FPInnovations 2012.

Imprimé au Canada sur du papier recyclé fabriqué par une compagnie membre de FPInnovations.