



# ÉVALUATION DE PNEUS SIMPLES À BANDE LARGE SUR UN TRAIN DOUBLE DE TYPE B À 9 ESSIEUX POUR LE TRANSPORT DE GRUMES

NUMÉRO DE PROJET : 301013563



Cameron Rittich, BSF

Rob Jokai, A.Sc.T.

---

Mai 2020

Les pneus simples à bande large suscitent un intérêt renouvelé dans le secteur du transport forestier en raison de leur capacité à ne pas retenir les cailloux, contrairement aux pneus jumelés, ce qui peut améliorer la sécurité des usagers de la route. Les gains potentiels en efficacité du carburant peuvent aussi être attrayants et c'est pourquoi nous avons comparé la consommation de carburant d'un train double de type B à 9 essieux à celle d'un camion témoin dans les conditions suivantes : référence, pneus simples à bande large sur le camion et les remorques et pneus simples à bande large sur les remorques seulement. Les différences de consommation de carburant n'étaient pas significatives, cependant la diminution du poids à vide l'était. Cette réduction permet de transporter plus de charge utile et ainsi accroître les revenus. D'autres avantages possibles de ces pneus concernent l'amélioration de la sécurité du véhicule, du conducteur et de la population. On discute de recommandations quant à la mise en application et aux aspects économiques de l'installation de pneus simples à bande large.

Numéro de projet : 301013563

Rapport Technique RT 2020 N23

#### REMERCIEMENTS

Ce projet a obtenu un soutien financier de Ressources naturelles Canada, du Northern Development Initiative Trust, de Canfor Corporation et de Wilson Bros Logging Ltd.

#### COORDONNÉES DE L'APPROBATEUR

James Sinnett  
Gestionnaire, Transport  
james.sinnett@fpinnovations.ca

#### RÉVISEURS

David Belyea, FPIinnovations

Marius-Dorin Surcel, P. Eng., M.A.Sc., chercheur responsable, FPIinnovations

Steve Wilson, Wilson Bros Logging

#### COORDONNÉES DE L'AUTEUR

Cameron Rittich  
Chercheur principal, Transport  
Cameron.rittich@fpinnovations.ca  
604-222-5740

FPIinnovations ne fait aucune représentation et n'offre aucune garantie à aucune personne ou entité quant à l'exactitude, à la rectitude ou à l'exhaustivité de l'information, des données ou de toute analyse à cet égard contenue dans le présent rapport, ni aucune autre recommandation, représentation ou garantie quelconque concernant le présent rapport.

Suivez-nous   

# Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIFS</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>RÉSULTATS</b> .....	<b>5</b>
4.1	Rétroactions d'un conducteur concernant la traction et la stabilité .....	5
4.2	Réduction du poids à vide .....	6
4.3	Consommation de carburant .....	7
4.4	Intensité énergétique .....	8
4.5	Considérations économiques .....	9
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>MISE EN APPLICATION</b> .....	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>MISE EN GARDE</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>RÉFÉRENCES</b> .....	<b>12</b>
	<b>ANNEXE 1 – DONNÉES SUR LES VÉHICULES</b> .....	<b>13</b>
	<b>ANNEXE 2 – MODÈLE DE COÛTS DE CAMIONNAGE – INTRANTS</b> .....	<b>14</b>

## Liste des figures

Figure 1. Véhicule d'essai équipé de pneus à bande large sur les essieux moteurs et de la remorque .....	2
Figure 2. Pneus à bande large - essieux moteurs (à gauche) et essieux de remorque (à droite) ...	3
Figure 3. Trajet d'essai à partir de Houston (C.-B.) .....	4
Figure 4. Réservoir portatif installé sur un camion d'essai .....	5
Figure 5. Différence entre le flanc externe et le pneu jumelé à l'arrière-plan .....	6

## Liste des tableaux

Tableau 1. Pneus d'essai montés sur les essieux moteurs et de remorque .....	3
Tableau 2. Poids des combinaisons roue-pneu utilisées dans les essais et réduction du poids à vide .....	7
Tableau 3. Sommaire des économies de carburant .....	8
Tableau 4. Comparaison de l'intensité énergétique .....	9

# 1 INTRODUCTION

À peu près tous les parcs de camions forestiers utilisent des pneus jumelés sur les essieux moteurs et les essieux de remorque. Ces pneus sont en usage depuis des décennies et bien qu'ils offrent une bonne performance, on sait qu'ils retiennent les cailloux entre leurs flancs intérieurs et les projettent, parfois avec une force dangereuse. Les responsables de parcs de camions forestiers sont tout à fait conscients du problème et cherchent à améliorer la sécurité des collectivités où leurs camions circulent. Il existe à cette fin des politiques pour réduire le risque, notamment par une inspection visuelle des pneus jumelés pour y rechercher les cailloux, l'installation de garde-boue, d'ailes ou d'autres moyens techniques, comme l'installation d'un dispositif de nettoyage pour éliminer les cailloux coincés entre les pneus. Ces mesures peuvent atténuer le risque de projection de cailloux, mais des quasi-accidents, où des cailloux frappent des pare-brise, peuvent toujours se produire, et certaines de ces projections ont été à quelques centimètres d'être fatales ou de causer de graves blessures. De tels accidents sont évitables. C'est pourquoi il vaut la peine de réexaminer les pneus à bande large du point de vue de la sécurité.

Comme il a été démontré avec des parcs de camions routiers, remplacer les combinaisons de pneus jumelés par des pneus simples à bande large (PSBL) a certains avantages : les PSBL sont moins coûteux, moins lourds et ont une résistance au roulement plus faible que les pneus jumelés conventionnels qu'ils remplacent. Ces avantages ont été prouvés sur route par des essais de consommation réalisés par FPInnovations, qui ont montré une économie de carburant pouvant atteindre 9,7 % pour une combinaison tracteur-remorque équipée de pneus à bande large (Surcel et Michaelsen, 2010). Michelin a élargi sa gamme de pneus à bande large pour y inclure des pneus pour applications routières et hors route. Selon le fabricant, le pneu à bande large route/hors route X One XZY3 est un pneu radial convenant à toutes les positions, conçu pour des économies de poids et de carburant sur la route et hors route.

Des études antérieures de FPInnovations portant sur des pneus similaires ont montré que la traction pour les applications hors route était faible, ce qui limitait leur adoption (Jokai, 2014). Compte tenu de la traction limitée du pneu X One dans les conditions difficiles des opérations forestières, d'autres marques et modèles de pneus ont été considérés. Le pneu à bande large Michelin XZL a été identifié comme pneu à forte traction toute position, capable d'offrir la performance nécessaire, et a été proposé pour utilisation sur les essieux moteurs seulement des camions, le pneu conventionnel X One XZY3 convenant mieux aux remorques.

## 2 OBJECTIFS

Les objectifs du projet étaient les suivants :

- Déterminer les économies de carburant potentielles découlant de l'usage des PSBL;
- Évaluer les caractéristiques d'utilisation des PSBL par les commentaires des conducteurs;
- Réduire les projections de cailloux des pneus jumelés par l'utilisation de PSBL (un objectif pour la mise en application des PSBL, sans méthodologie d'évaluation scientifique);
- Calculer les avantages économiques d'une charge utile et d'économies de carburant accrues.

Bien que ne faisant pas partie de l'étude, les besoins suivants ont aussi été recensés :

- Évaluer la durabilité, la résistance à la perforation et l'usure des PSBL installés sur un camion forestier;
- Évaluer la capacité de traction des PSBL dans diverses conditions de fonctionnement ou saisons.

### 3 MÉTHODOLOGIE

Les véhicules d'essai étaient des tracteurs Western Star 4900SF 2019 équipés de moteurs Detroit Diesel DD16 600 HP (447 kW) et combinés à des remorques de 21 m (69,1 pieds) de type super B extensibles (figure 1). L'annexe 1 donne plus de détails sur les véhicules d'essai.



Figure 1. Véhicule d'essai équipé de pneus à bande large sur les essieux moteurs et de la remorque

Les véhicules d'essai et témoin avaient des spécifications identiques et transportaient une charge similaire de 71 230 et 71 910 kg respectivement. La charge utile du véhicule d'essai n'a pas été ajustée après l'installation des PSBL. Les véhicules transportent habituellement des billes de sciage de la forêt à une scierie de Houston, et parfois à des usines dans la région de Prince George. Pour les conditions de référence, les véhicules d'essai et témoin étaient équipés de pneus jumelés 11R24.5 où la profondeur des sculptures était entière. La pression des pneus 11R24.5 était fixée à 621 kPa (90 psi), ce qui est 69 kPa (10 psi) plus bas que ce que la flotte utiliserait en dehors des mois d'hiver, pour fournir une empreinte et une traction supérieures sur les routes enneigées et glacées.

La première modification du véhicule d'essai a consisté à installer des PSBL au tracteur et aux remorques, comme le montre le tableau 1.

Tableau 1. Pneus d'essai montés sur les essieux moteurs et de remorque

Position	Marque et modèle	Dimension	Pression de gonflage des pneus : testée / maximale
Essieux moteurs	Michelin XZL	445/65R22.5	758 / 830 kPa
Essieux de remorque	Michelin X One XZY3	455/55R22.5	793 / 900 kPa

La pression des PSBL sur les essieux moteurs et de remorque a été réglée en deçà du maximum recommandé, mais conforme aux recommandations du fabricant en termes de charge et de pression. Les pneus des essieux moteurs étaient gonflés à 72 kPa (10,4 psi) de moins que la pression de gonflage maximale recommandée et les pneus des remorques, à 107 kPa (15,5 psi) de moins. La plus forte réduction de pression pour les pneus de remorques s'explique par l'alimentation en air comprimé à l'atelier, qui est réglée à une limite plus basse pour se conformer aux mesures de sécurité au travail. La première condition d'essai comprenait les PSBL installés sur le camion et les remorques; pour la seconde, seules les remorques étaient équipées de PSBL.

Les PSBL installés sur les essieux moteurs étaient des pneus agressifs à traction élevée, alors que les pneus des remorques, bien que convenant à un usage hors route, étaient conçus principalement pour la route, comme le montre la figure 2.



Figure 2. Pneus à bande large - essieux moteurs (à gauche) et essieux de remorque (à droite)

Le trajet d'essai comprenait des sections égales de routes provinciales et de routes forestières, pour un temps de cycle moyen d'une heure et vingt minutes. Les camions partaient de la cour à Houston, roulaient vers l'ouest sur la route 16 et faisaient demi-tour à une grande voie d'évitement à environ 21 km du point de départ; ils retournaient ensuite à Houston et continuaient vers le sud sur la route forestière de Morice River, où les camions faisaient demi-tour à la marque de 21 km et revenaient vers le parc de camions de Houston. La distance sur route

et sur la route forestière était d'environ 42 km, pour une distance totale parcourue de 84 km, comme le montre la figure 3.

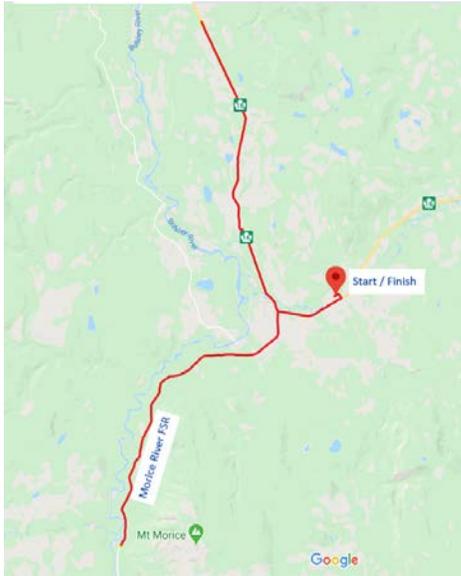


Figure 3. Trajet d'essai à partir de Houston (C.-B.)

À Houston, les routes étaient généralement couvertes de neige folle et de glace, et la portion route publique était principalement une chaussée dégagée. La section de la route forestière de Morice River était couverte de neige durcie et glacée, ce qui donnait lieu à une faible traction. La vitesse maximale sur la route était de 100 km/h, avec une vitesse de croisière moyenne de 90 km/h. La vitesse maximale sur la route forestière de Morice River était de 70 km/h, avec une moyenne de 60 km/h. Les deux sections de route comportaient des pentes fortes où il fallait rétrograder les vitesses. La route forestière présentait certaines sections glissantes nécessitant des précautions. Les conditions météorologiques variaient de neige légère à ciel dégagé, avec des températures variant le jour d'un minimum de - 12 °C à un maximum de 1 °C. En aucun moment la route forestière gelée n'a fondu et ne s'est ramollie.

On a demandé aux conducteurs assignés à chacun des camions de conduire comme ils le feraient normalement lors de leur travail quotidien. L'objectif était de générer des résultats reproductibles et d'éliminer la variable que représente la performance du conducteur sur la consommation de carburant. Chaque jour avant le début des essais, les conducteurs parcouraient le trajet pour réchauffer le moteur et la transmission jusqu'aux températures de fonctionnement.

Des essais contrôlés de consommation de carburant ont été réalisés selon les principes établis dans la procédure d'essai de consommation SAE J1321– Type II (SAE International, 2012). L'essai comparait la consommation de carburant du véhicule d'essai dans trois conditions différentes (camion et remorques avec pneus jumelés, PSBL sur camion et remorques et PSBL sur les remorques seulement) à celle d'un véhicule témoin. Un minimum de trois trajets d'essai a été réalisé pour chacune des conditions de référence et d'essai. Toute différence dans les ratios de consommation de carburant entre les phases de référence et d'essai était due aux changements apportés au véhicule d'essai, soit le passage des pneus jumelés aux PSBL.

La consommation de carburant a été mesurée de façon gravimétrique, par l'installation de réservoirs de carburant externes sur chacun des camions. On a modifié les systèmes d'alimentation en carburant des camions en reliant les tuyaux d'alimentation et de retour aux réservoirs portatifs, comme le montre la figure 4.



Figure 4. Réservoir portatif installé sur un camion d'essai

Les réservoirs étaient pesés avant et après chaque trajet pour déterminer la masse du carburant consommé. La température du carburant augmente lorsqu'il est pompé du réservoir au moteur, puis une partie est retournée au réservoir. L'augmentation de température du carburant donne lieu à son expansion en volume, diminuant sa densité. C'est pour cette raison que la méthode gravimétrique de détermination de la consommation en poids est préférable à une méthode volumétrique, parce qu'elle n'a pas besoin de correction pour la température.

## 4 RÉSULTATS

### 4.1 Rétroactions d'un conducteur concernant la traction et la stabilité

Le conducteur a eu l'occasion de conduire le camion pour un cycle de réchauffement sur la route publique et la route forestière avec les PSBL nouvellement installés aux essieux moteurs et de remorques. La traction était bonne sur la neige, la glace compactée et la chaussée dégagée. Il n'y a pas eu de températures au-dessus du point de congélation avec fonte de la neige, ce qui, lorsque ces surfaces sont mouillées, serait considéré comme les conditions les plus extrêmes. Pendant l'essai, en aucun temps la traction n'a été limitée et l'installation de chaînes n'a été nécessaire. La stabilité du véhicule équipé des PSBL était bonne comparativement à celle des pneus jumelés, comme l'a mentionné le conducteur. Avec des roues à bande large à déport de 50,8 mm (2 po), la largeur de l'empattement était de 4,1 et 4,6 cm plus grande pour les essieux du camion et des remorques respectivement. Pour les PSBL, la largeur hors-tout des flancs extérieurs était d'environ 2,5 cm plus étroite de chaque côté, comme le montre la figure 5.



Figure 5. Différence entre le flanc externe et le pneu jumelé à l'arrière-plan

Une fois les PSBL testés sur les essieux moteurs et de remorque, on a remis les pneus jumelés sur le tracteur et le conducteur a pu évaluer la conduite du véhicule avec des pneus jumelés sur le tracteur et des PSBL sur les remorques. Revenant aux pneus jumelés aux essieux moteurs, le conducteur a senti une légère amélioration pour ce qui est de la réaction aux changements directionnels, comme les changements de voie et les manœuvres de virage.

Il n'y a pas eu d'essais mesurés par instrument des combinaisons de PSBL pour évaluer le freinage ou l'accélération. L'accélération ou la puissance pourrait s'être améliorée légèrement, le conducteur ayant signalé avoir pu grimper une côte du trajet d'essai à un demi-rapport plus haut que ce qui était possible avec les pneus jumelés. Globalement, le conducteur a trouvé qu'il avait aussi plus de puissance, ce qui n'est pas surprenant, car la réduction du poids à vide pour les deux conditions d'essai occasionnait une baisse importante de la masse en rotation des roues et pneus.

## 4.2 Réduction du poids à vide

Les camions ont été chargés au maximum et pesés à la scierie en ville. Les poids bruts des camions d'essai et témoin étaient de 71 230 et 71 910 kg respectivement. Comme les PSBL sont plus légers que les pneus jumelés qu'ils remplaçaient, le poids brut du camion d'essai était plus faible pendant la phase d'essai avec les PSBL, comme le montre le tableau 2. Les chargements de billes n'ont pas été ajustés au cours des essais. Le poids brut pour les PSBL installés sur les remorques

seulement et sur le camion et les remorques a diminué de 0,8 % et 1,4 % respectivement. Cette différence de masse n'aurait vraisemblablement pas eu d'impact mesurable sur la consommation de carburant, mais l'ajout de billes au chargement peut avoir un impact sur la consommation, car un chargement plus haut augmente la traînée aérodynamique du camion. Cette variable n'a pas été traitée dans aucun des essais de consommation de carburant.

Les combinaisons pneu-roue ont été pesées et les résultats sont présentés au tableau 2.

Tableau 2. Poids des combinaisons roue-pneu utilisées dans les essais et réduction du poids à vide

Type de pneu et position	Poids de la roue et du pneu (kg)
Simple 11R24.5, essieu moteur	97,6
Simple 11R24.5, essieu remorque	87,7
PSBL 445/65R22.5 Michelin XZL, moteur	131,1
PSBL 455/55R22.5 Michelin X One XZY3, remorques	116,7
Réduction du poids à vide pour les PSBL sur les remorques uniquement	587
Réduction du poids à vide pour les PSBL sur le camion et les remorques	972

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, il y a une importante réduction du poids à vide lorsqu'on passe aux PSBL, qui peut être utilisée pour transporter une charge utile additionnelle. Les deux options présentées, soit remplacer les pneus jumelés par des PSBL sur toute la combinaison ou seulement sur les remorques, signifient que la charge utile peut être accrue en conséquence. Une flotte a ainsi deux options différentes de mise en application, qui seront examinées en profondeur à la section Mise en application du présent rapport.

### 4.3 Consommation de carburant

La condition de référence a été mesurée les 4 et 5 février 2020. Le premier essai, avec les PSBL sur le camion et les remorques, a été réalisé le 6 février et le second essai, avec les PSBL sur les remorques seulement, a été effectué le 7 février. Le tableau 3 présente les économies de carburant pour les deux essais.

Tableau 3. Sommaire des économies de carburant

Condition	Économie de carburant	Intervalle de confiance
PSBL sur le camion et les remorques	0,98 %	± 2,9 %
PSBL sur les remorques	Aucune	Aucune

Lorsque le camion et les remorques étaient équipés de pneus à bande large, on a constaté une diminution de 0,98 % de la consommation de carburant. Comme l'intervalle de confiance est plus grand que le résultat, on pourrait dire qu'il n'y a pas eu de changement significatif de consommation de carburant et que les résultats ne sont pas concluants. Ce résultat n'était pas inattendu, parce que les Michelin XZL ne sont pas conçus pour l'efficacité énergétique, la priorité étant plutôt mise sur la traction hors route, ce qui est une nécessité opérationnelle en transport forestier. Voici certaines des caractéristiques qui distinguent ce pneu des autres dans l'essai : masse plus grande, biais en faveur de la traction hors route grâce à de grands pavés de gomme, rayon plus grand lorsque chargé, soit 538 mm (versus 492 mm pour le X One XZY3), et profondeur de sculpture 3 mm de plus que les autres pneus de l'essai.

Compte tenu de ce premier résultat pour les PSBL sur le camion et les remorques, une autre ronde d'essais a été réalisée avec des pneus jumelés sur le tracteur et des pneus X One XZY3 sur les remorques. Cette combinaison, bien qu'elle n'utilise pas le même modèle de pneus, a été étudiée dans des recherches antérieures (Jokai, 2014), sur un camion de copeaux à 6 essieux équipé de PSBL sur les essieux moteurs et de remorque. Dans cette expérience, on avait constaté que les PSBL sur la remorque tridem réduisaient la consommation de carburant de 3,23 %. Malheureusement pour la présente étude, la consommation de carburant des tracteurs était très variable parce que les systèmes de contrôle des émissions subissaient de fréquents cycles de régénération pour nettoyer le filtre à particules diesel, peut-être en raison des courts cycles d'essai et de stratégies adaptatives des systèmes de contrôle moteur (SCM). Les cycles de régénération pouvaient faire augmenter la consommation de carburant de 10 % sur les essais de courte durée, malgré une mesure préventive forçant le cycle de régénération deux jours plus tôt au centre local de service de Detroit Diesel. Il est évident que la régénération forcée des filtres à particules est nécessaire tous les jours pour voir à ce que la régénération ne se produise pas pendant le cycle d'essai afin d'obtenir des résultats de consommation cohérents.

## 4.4 Intensité énergétique

L'intensité énergétique est l'énergie nécessaire pour déplacer une unité de charge utile sur une distance donnée, et la formule en est présentée à l'équation 1; la consommation de carburant est exprimée en litres aux 100 km et la charge utile, en tonnes.

Équation 1 Intensité énergétique

$$\text{Intensité énergétique} = (\text{Litres} / 100 \text{ km}) / (\text{tonnes})$$

Dans les cas où le poids à vide d'une combinaison est réduit, des gains de productivité peuvent découler d'une augmentation de la capacité de charge utile. Dans les cas où la consommation est constante ou réduite, l'intensité énergétique est réduite, un avantage pour l'environnement et la

productivité. Appliquer la réduction de carburant de 0,98 % obtenue au premier essai donne l'amélioration de l'intensité énergétique indiquée au tableau 4.

Tableau 4. Comparaison de l'intensité énergétique

Condition	Intensité énergétique (L/100 tkm) <sup>a</sup>	Amélioration
Référence	1,947	n/a
PSBL sur le camion et les remorques	1,857	4,6 %

<sup>a</sup> tkm=tonne-kilometre

Les résultats du tableau 4 se basent sur deux hypothèses. La première est que la réduction du poids à vide résultant de l'utilisation des PSBL sert entièrement à transporter plus de charge utile, et la seconde est que le fait de transporter plus de charge utile (jusqu'au maximum de 71 900 kg) n'augmente pas la consommation de carburant, bien que ce soit possible en réalité. Comme les réductions de poids à vide pour les deux conditions d'essai étaient de 587 et 972 kg (voir le tableau 2), soit 0,82 % et 1,36 % du poids du véhicule d'essai, l'hypothèse de la consommation de carburant inchangée est raisonnable. Néanmoins, comme les essais de consommation de carburant ne sont pas concluants, il serait préférable de qualifier les améliorations de l'intensité énergétique d'incertaines. Une des conditions n'a pas été mesurée, soit celle du cycle à vide, où un poids à vide réduit pourrait occasionner des économies de carburant additionnelles, aussi légères soient-elles.

## 4.5 Considérations économiques

L'achat de dix-huit nouveaux pneus et roues, y compris un pneu de rechange pour chacune des combinaisons uniques camion-remorque, ainsi que de chaînes pour un essieu moteur, représente un coût d'environ 37 000 \$ – sans compter les taxes de vente provinciale et fédérale. Si l'on envisage un passage aux PSBL pour seulement cinq essieux de remorque, le coût serait de 20 000 \$. À l'aide du modèle d'établissement des coûts de camion de FPIInnovations et pour comparer le potentiel d'augmentation de revenu (basé sur un taux de paiement de 3,75 \$/tonne-heure), le délai de récupération de cet investissement serait de 3,6 ans pour le camion à 9 essieux équipé entièrement de PSBL et de 4,5 ans pour le camion équipé de PSBL sur les remorques seulement. On trouvera en annexe 2 une liste complète des intrants et hypothèses du modèle d'établissement des coûts d'un camion. Des programmes gouvernementaux pourraient offrir un incitatif financier à ceux qui souhaiteraient passer des pneus jumelés aux PSBL. Ce financement aidant à compenser les coûts raccourcirait le délai de récupération et accroîtrait le rendement du capital investi.

À l'aide du même modèle d'établissement des coûts et du taux de paiement indiqué plus haut, il serait préférable d'acheter une nouvelle combinaison camion-remorque équipée de PSBL. Un nouveau camion et de nouvelles remorques, ou l'achat de remorques seulement, seraient marginalement moins chers que des camions à pneus jumelés. On pourrait alors optimiser le camion et les remorques pour les PSBL et utiliser des roues ne comportant aucun déport, ce qui pourrait augmenter la durée de vie utile des roulements de roue par rapport à des roues à déport

externe de 5 cm (2 pouces). Les profits annuels seraient alors augmentés de 10 535 \$, une amélioration de 9,1 % pour le camion équipé de PSBL à toutes les positions. Pour le même camion équipé de PSBL seulement aux cinq essieux de remorque, les profits annuels augmenteraient de 4450 \$, soit de 3,9 %.

## 5 CONCLUSIONS

Par ce projet, nous avons examiné les économies de carburant potentielles des PSBL et avons constaté que les pneus à carcasse diagonale Michelin XZL à traction élevée sur les essieux moteurs compromettaient le potentiel d'économie de carburant des pneus écoénergétiques Michelin XOne XZY3, installés sur les essieux des remorques. Dans tous les essais, les résultats n'ont pas été concluants. Selon ces résultats et des résultats antérieurs (Jokai, 2014), on pourrait dire que les PSBL sur tous les essieux, tels que mis à l'essai, ont eu un impact négligeable sur la consommation de carburant et l'efficacité énergétique. Cependant, l'impact des PSBL sur les remorques seulement pourrait être d'au moins 3,23 %, selon des études antérieures (Jokai, 2014).

Considérer les autres avantages des PSBL, comme la sécurité et le poids à vide réduit, est un argument plus convaincant pour leur adoption. Les PSBL ne captent pas de gros cailloux comme le font les pneus jumelés et ne peuvent donc pas les projeter comme c'est le cas des pneus jumelés. La réduction substantielle des poids à vide diminue la masse en rotation de la transmission, ce qui devrait améliorer l'accélération et le freinage. Le poids à vide réduit de 572 kg pour les remorques équipées de PSBL et de 972 kg pour les camions et remorques équipés de PSBL est convaincant. Cette réduction permet de transporter plus de charge utile, de livrer plus de bois à l'usine en moins de voyages et d'augmenter les revenus.

L'acceptation par les conducteurs, qui était initialement perçue comme un obstacle potentiel, n'a pas semblé être un problème majeur. Il faut admettre que la période d'observation a été courte. Des études plus poussées sur l'adoption des PSBL et sur leur impact sur les coûts d'entretien, la durée de vie des roulements d'essieu, les caractéristiques d'usure des pneus et la résistance à la perforation dans les opérations forestières seront nécessaires. Les améliorations de profit déclarées, variant de 4 à 9 % selon le niveau d'adoption, sont aussi attirantes d'un point de vue économique.

## 6 MISE EN APPLICATION

Comme mentionné précédemment, un investissement de 40 000 \$ pour adapter un train double de type B à 9 essieux peut ne pas être logique d'un point de vue économique lorsqu'une flotte a déjà acheté l'équipement convenant mieux aux roues et pneus jumelés. Il y a des conséquences négatives sur le plan de l'usure des roulements d'essieu à l'utilisation de roues à déport externe de 50,8 mm (2 pouces), comme un entretien accru et une réduction possible de la durée de vie utile des roulements de 58 % (Allen et coll., 2011). Une meilleure option serait de prévoir des essieux plus larges au moment de l'achat du camion et des remorques et de faire livrer la combinaison avec des roues à déport nul aux essieux moteurs et de remorque. Une flotte pourrait aussi envisager de commander seulement des remorques optimisées et équipées de PSBL, et d'équiper les tracteurs de PSBL dans les conditions pour lesquelles ils conviennent le mieux. On peut donc considérer séparément les options pour les PSBL. Lorsqu'on envisage de passer des

pneus jumelés aux PSBL, les gouvernements peuvent avoir des programmes incitatifs pour aider à compenser leurs coûts d'achat.

Les considérations pour la mise en application :

- Spécifiez des largeurs d'essieux qui permettent d'utiliser des roues à déport nul pour maximiser la vie utile des roulements. On peut aussi spécifier des essieux à voie standard avec roues à déport externe pour protéger la valeur de revente potentielle du camion et/ou de la remorque;
- Les modèles de pneus choisis pour cet essai étaient des modèles à traction élevée; il existe des modèles à plus grande efficacité du carburant;
- Le prix d'achat des PSBL peut être plus faible au moment de l'achat original;
- Veillez à ce que la largeur hors-tout des flancs et de la voie respecte les règlements provinciaux;
- Les roues à bande large à déport nul, ainsi que les essieux plus larges nécessaires, rendent le camion et/ou la remorque impropre à la configuration à pneus jumelés pour les routes publiques;
- Il est plus facile de vérifier la pression des PSBL; la pression de gonflage pourrait ainsi bénéficier de plus d'attention des mécaniciens comme des conducteurs;
- Avec une combinaison camion-remorque à vide qui subit la perforation d'un pneu, on peut être en mesure de relever l'essieu touché et de se rendre à un atelier de réparation;
- Avec une combinaison camion-remorque chargée qui subit la perforation d'un pneu, il faudra s'arrêter et attendre un mécanicien mobile s'il n'y a pas de pneu de rechange, car une combinaison roue et pneu à bande large peut être trop lourde pour une personne;
- Une combinaison roue et pneu de secours mal assortis peut ne pas convenir pour rouler sur les routes publiques;
- Des roues à déport de 50,8 mm (2 pouces) peuvent réduire la durée de vie utile des roulements de 58 %, mais fournissent un meilleur accès aux tambours de frein collés par la glace aux sabots en hiver; il est donc plus facile d'essayer de dégager le tambour de frein;
- Le pneu Michelin XZL 445/65R22.5 utilisé dans l'essai est optimisé pour la traction hors route et a un rayon de 46 mm de plus que le 11R24.5 qu'il remplace, ce qui nécessite des chaînes de traction de dimensions uniques;
- Pour les conditions extrêmes de glace et de boue, où la traction est à son minimum, pensez à équiper les pneus externes des remorques de chaînes pour obtenir une meilleure traction latérale, pour éviter de glisser du sommet de la route ou dans une pente latérale vers l'intérieur ou l'extérieur, comme on en voit sur certaines routes forestières;
- Envisagez de lamelliser<sup>1</sup> vos pneus pour une traction améliorée dans la neige et sur la glace; il faut cependant comprendre que cette pratique augmentera la friction et le taux d'usure de la bande de roulement;

---

<sup>1</sup> La lamellisation est un procédé par lequel de fines fentes sont découpées dans la bande de roulement pour améliorer la traction en conditions de routes mouillées ou glacées.

- Bien que ce soit coûteux et que cela nécessite plus de roues et de pneus, pensez à revenir aux pneus jumelés lorsqu'une traction accrue est nécessaire, en hiver ou sur des routes à faible capacité portante;
- Comme pour les pneus jumelés, les PSBL usés peuvent être déplacés des essieux moteurs aux essieux de remorque pour en prolonger la durée de vie utile.

## 7 MISE EN GARDE

Les résultats d'essai présentés ici s'appliquent à la configuration de camion et aux modèles de pneus à bande large indiqués lorsqu'ils sont montés sur un train double de type B à 9 essieux transportant des billes de sciage. Les résultats individuels varient selon les différentes conditions : configuration du camion et des remorques, météo, surfaces de roulement, distances parcourues et vitesse. Les caractéristiques d'usure et de résistance à la perforation n'avaient pas été mesurées au moment de la rédaction du rapport.

## 8 RÉFÉRENCES

Allen, C. E., Kuan, S., Nixon, H. P., Ostrander, R. J., & Pinotti, C. E. (2011). Understanding the impact of wide base single tires on axle and wheel-end systems. In *Meritor Heavy Vehicle Systems, White Papers*. Octobre 2011. Troy, MI : Meritor, Inc.

Jokai, R. P. (2014). Evaluation of wide-base tires for off-road applications. *Rapport Avantage, vol. 15, n° 6, Décembre 2014*. Vancouver, BC : FPIinnovations

SAE International. (2012). Fuel consumption test procedure – Type II, *SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1321*. Warrendale, PA : SAE International.

Surcel, M.-D., et Michaelsen, J. (2010). Evaluation of tractor-trailer rolling resistance reducing measures. In *Proceedings of SAE 2010 Commercial Vehicle Engineering Congress & Exhibition* (Paper no. 2010-01-1917). Rosemont, IL : SAE International.

# ANNEXE 1 – DONNÉES SUR LES VÉHICULES

Parameters	Véhicules	
	Contrôle	Essai
<b>Tracteurs</b>		
ID du véhicule – essai	758	757
Numéro d'identification du véhicule	5KJRAED15KPKT6204	5KJRAED15KPKT6208
Marque et modèle	Western Star 4900SF	
Année (année modèle)	2018 (2019)	
Marque et modèle du moteur / Niveau des émissions	Detroit DD16/EPA 2017	
Puissance nominale	447 kW (600 HP)/1800 tr/min	
Couple de pointe	2779 Nm (2050 lb-pi)/1120 tr/min	
Transmission	EATON FULLER RTLO 18-Vitesses	
Marque et modèle du différentiel	Meritor RZ-69-166	
Rapport	4.56	
Pneus essieu directeur	Michelin XZY-3 385/65R22.5	
Pneus essieux moteurs	Bridgestone M775 11R24.5	Michelin XZL 445/65R22.5
Pression des pneus (à froid)	621 kPa (90 psi)	758 kPa (110 psi)
Poids lors de l'essai	13 294 kg (29 308 lb)	12 876 kg (28 387 lb)
<b>Remorques</b>		
ID du véhicule – essai	T1	T2
ID du véhicule - flotte	595 & 596	593 & 594
Numéro d'identification du véhicule	2F9FSS438K1101595 2F9FSS438K1101596	2F9FSS438K1101593 2F9FSS438K1101594
Marque et modèle	FreFlyt Industries Ltd. Stretch Super B	
Année (année modèle)	2018 (2019)	
Type	13.35-m (43.8-ft.) & 9.10-m (29.9-ft.) with two log bunks each	
Pneus	Firestone T819 11R24.5	Michelin XOne XZY3 455/55R22.5
Pression des pneus (à froid)	621 kPa (90 psi)	793 kPa (115 psi)
Poids à vide	10 076 kg (22 214 lb)	9 489 kg (20 920 lb)
Poids chargement	61 834 kg (136 321 lb)	61 741 kg (136 116 lb)
Poids lors de l'essai	71 910 kg (158 534 lb)	71 230 kg (157 035 lb)

# ANNEXE 2 – MODÈLE DE COÛTS DE CAMIONNAGE – INTRANTS

FPINNOVATIONS MODÈLE DE COÛT ET TAUX DE CAMIONNAGE		 <b>FPInnovations</b>		
Les valeurs en vert sont calculées.				
<b>Camions</b>				
Description	Unités	1	2	3
		BC Tridem 9-essieux	BC Tridem 9-essieux PSBL toutes positions	BC Tridem 9-axe PSBL remorque seulement
<b>PLANIFICATION</b>				
Nombre d'heures cédulés pour l'opérateur par quart	HMC	14	14	14
Heures par jour - Gestion de l'entrepreneur	HMC	0.5	0.5	0.5
Nombre de quarts de travail par jour	quarts/jour	1	1	1
Nombre de jours cédulés par semaine	jours/semaine	5	5	5
Nombre de semaines planifiées par année (total)	semaines	38	38	38
Taux d'utilisation	%	90%	90%	90%
Temps d'arrêt rémunérés	min./voyage	75	75	75
Nombre de jours par année	jours/année	190	190	190
Nombre d'heures planifiées par année	HMC/année	2660	2660	2660
Heures de production par année	HMP/année	2394	2394	2394
<b>MAIN-D'ŒUVRE</b>				
Taux horaire de l'opérateur	\$/HMP	\$30.00	\$30.00	\$30.00
Taux horaire de l'entrepreneur	\$/HMP	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Bénéfices marginaux	%	25%	25%	25%
Heures de production par année	HMP/année	\$37.50	\$37.50	\$37.50
<b>Taux d'intérêt et marge de profit</b>				
Taux d'intérêt	%	6%	6%	6%
Marge de profit	%	0%	0%	0%
Taux horaire du personnel à l'heure	\$/HMP	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>COÛT DE VÉHICULE ET ÉQUIPEMENT</b>				
<b>Tracteur et remorque</b>				
Vie utile du tracteur	Année	5	5	5
Prix d'achat du tracteur	\$	\$210,000	\$204,265	\$210,000
Valeur de récupération (revente) du tracteur	\$	\$31,500	\$30,640	\$31,500
Vie utile de la remorque	Année	7	7	7
Prix d'achat de la remorque	\$	\$100,000	\$100,000	\$99,892

Valeur de récupération (revente) de la remorque	\$	\$10,000	\$10,000	\$9,989
Coût fixe annualisé pour le tracteur et la remorque	\$/année	\$60,987	\$59,778	\$60,969
Auto-chargeuse (indiquer un prix de 0\$ si non présente)				
Prix d'achat	\$	\$0	\$0	\$0
Valeur de récupération (revente)	\$	\$0	\$0	\$0
Vie utile	Année	10	10	10
Masse à vide	Tonnes	0	0	0
Coût fixe annualisé pour l'auto-chargeuse	\$/année	\$0	\$0	\$0
Autre équipement (indiquer un prix de 0\$ si non présent)				
Système de contrôle de la pression des pneus (SCPP)	\$	0	0	0
Balance embarquée	\$	1500	1500	1500
Protège cabine	\$	6000	6000	6000
Ordinateur embarqué	\$	1250	1250	1250
Équipements divers (Radio, cellulaire, arrimage, etc.)	\$	2000	2000	2000
Coût d'achat des autres équipements		\$10,750	\$10,750	\$10,750
Coût fixe annuel des autres équipements	\$/année	\$2,150	\$2,150	\$2,150
Coûts des services				
Assurance (% de l'achat)	%	5%	5%	5%
Assurance	\$/année	\$15,500	\$15,213	\$15,495
Immatriculation+ Vérifications annuels (IPVC)	\$/année	\$6,700	\$6,700	\$6,700
Services professionnels (comptabilité, consultations légales, rapports gouvernementaux)	\$/année	\$3,000	\$3,000	\$3,000
Frais de télécommunications (cellulaire, satellite, obc)	\$/année	\$500	\$500	\$500
Total des coûts de service	\$/année	\$25,700	\$25,413	\$25,695
Coût fixe annuel total	\$/année	\$88,837	\$87,342	\$88,814
Coût fixe par HMP	\$/HMP	\$37.11	\$36.48	\$37.10
<b>MASSES</b>				
Masse à vide du tracteur et de la remorque	Tonnes	23.14	22.168	22.553
Masse totale en charge permise (MTC)	Tonnes	71.9	71.9	71.9
Tampon de charge utile	Tonnes	0.8	0.8	0.8
Densité marchande du bois	kg/m <sup>3</sup>	850	850	850
Masse utile en période normale	Tonnes	47.96	48.932	48.547
Volume marchand en période normale	m <sup>3</sup>	56.4	57.6	57.1
<b>ALLOCATIONS SAISONNIÈRES</b>				
Durée de la période hivernale	semaines	0	0	0
MTC hivernale permise	Tonnes	71.9	71.9	71.9
Masse utile hivernale	Tonnes	47.96	48.932	48.547
Volume marchand en hiver	m <sup>3</sup>	56.4	57.6	57.1
Augmentation de la consommation de carburant en hiver (utilisé seulement avec les formules de FPI)	%	5%	5%	5%
Période de restriction au dégel printanier	semaines	0	0	0

MTC permise en période de dégel	Tonnes	71.9	71.9	71.9
Masse utile en période de dégel	Tonnes	47.96	48.932	48.547
Volume marchand en période de dégel	m <sup>3</sup>	56.4	57.6	57.1
Masse utile moyenne par année	Tonnes	48.0	48.9	48.5
Volume marchand moyen	m <sup>3</sup>	56.5	57.5	57.1
<b>DISTANCE PAR TYPE DE ROUTE</b>				
Route pavée	km	75	75	75
En ville	km	5	5	5
Route Classe 1	km	50	50	50
Route Classe 2	km	5	5	5
Routes Classe 3+	km	5	5	5
Distance dans une direction	km	140	140	140
<b>VITESSES</b>				
<b>EN CHARGE</b>				
Route pavée	km/h	90	90	90
En ville	km/h	35	35	35
Classe 1	km/h	55	55	55
Classe 2	km/h	35	35	35
Classe 3+	km/h	15	15	15
Vitesse moyenne en charge (calculée)	km/h	59.3	59.3	59.3
<b>À VIDE</b>				
Route pavée	km/h	95	95	95
En ville	km/h	40	40	40
Classe 1	km/h	60	60	60
Classe 2	km/h	40	40	40
Classe 3+	km/h	20	20	20
Vitesse moyenne à vide (calculée)	km/h	66.0	66.0	66.0
Vitesse moyenne	km/h	62.4	62.4	62.4
<b>CONSOMMATION DE CARBURANT</b>				
Prix du carburant	\$/L	\$1.00	\$1.00	\$1.00
Consommation de carburant au ralenti	L/hr	3	3	3
Prix du FED	\$/L	\$1.00	\$1.00	\$1.00
Consommation FED (% de consommation de FED)	%	3%	3%	3%
<b>EN CHARGE</b>				
Route pavée - En charge	L/100km	90.4	90.3	90.3
En ville - En charge	L/100km	105.4	105.3	105.3
Classe 1 - En charge	L/100km	99.3	99.2	99.2
Classe 2 - En charge	L/100km	127.3	127.2	127.1
Classes 3+ - En charge	L/100km	155.4	155.3	155.2
Consommation moyenne en charge	L/100km	97.74	97.7	97.6
<b>À VIDE</b>				
Route pavée - À vide	L/100km	39.5	38.5	38.9

En ville - En charge	L/100km	54.5	53.5	53.9
Classe 1 - À vide	L/100km	46.5	45.4	45.8
Classe 2 - À vide	L/100km	52.9	51.4	52.0
Classes 3+ - À vide	L/100km	58.0	56.0	56.8
Consommation moyenne à vide	L/100km	43.67	42.6	43.0
Consommation totale en roulant (FPInnovations)	L/100km	70.71	70.1	70.3
Consommation de carburant globale, y compris au ralenti	L/100km	72.05	71.5	71.7
Consommation à l'heure (pas de carburant et de temps pour le ralenti)	L/hr	44.1	43.8	43.9
Consommation globale à l'heure	L/hr	35.2	34.9	35.0
Coût de carburant par HMP	\$/HMP	\$36.23	\$35.94	\$36.04
<b>COÛT DE MAINTENANCE ET RÉPARATION</b>				
Plan de maintenance (changements d'huile et filtres, lubrification, etc.)				
Intervalles entre les entretiens	Semaines	2	2	2
Coût par entretien	\$	\$250	\$250	\$250
Coût annuel de la maintenance planifiée		\$4,750	\$4,750	\$4,750
Réparations				
Système d'entraînement (moteur, transmission, essieux)	\$/année	\$7,500	\$7,500	\$7,500
Suspension et freins	\$/année	\$4,800	\$4,800	\$4,800
Composantes électriques	\$/année	\$1,000	\$1,000	\$1,000
Châssis	\$/année	\$2,000	\$2,000	\$2,000
Hydraulique (si applicable)	\$/année	\$0	\$0	\$0
Remorques	\$/année	\$5,000	\$5,000	\$5,000
Autres	\$/année	\$500	\$500	\$500
SCPP (Système Contrôle Pressions Pneus)	\$/année	\$0	\$0	\$0
Total annuel des coûts de réparation	\$/année	\$20,800	\$20,800	\$20,800
Coût des pneus				
Coût d'achat des pneus	\$/unité	\$715	\$1,300	\$1,040
Nombre de roues	#	32	16	22
Vie utile d'un pneu	Km	125000	125000	125000
# de pneus éclatés par année	#	4	4	4
Coût annuel des pneus	\$/année	\$24,257	\$24,652	\$25,557
Total coûts de maintenance et réparation	\$/année	\$49,807	\$50,202	\$51,107
Maintenance et réparation par HMP	\$/HMP	\$20.80	\$20.97	\$21.35
<b>TAUX TOTAL PAR HMP</b>	<b>\$/HMP</b>	<b>\$131.65</b>	<b>\$130.89</b>	<b>\$131.99</b>
Main-d'œuvre	\$/HMP	\$37.50	\$37.50	\$37.50
Coûts fixes	\$/HMP	\$37.11	\$36.48	\$37.10
Carburant consommé par voyage	\$/HMP	\$36.23	\$35.94	\$36.04
Maintenance et réparations	\$/HMP	\$20.80	\$20.97	\$21.35
Profit	\$/HMP	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>TAUX PAR TONNE</b>	<b>\$/t</b>	<b>\$15.73</b>	<b>\$15.35</b>	<b>\$15.61</b>
Main-d'œuvre	\$/t	\$4.48	\$4.40	\$4.43372

Coûts fixes	\$/t	\$4.43	\$4.28	\$4.39
Carburant consommé par voyage	\$/t	\$4.33	\$4.21	\$4.26
Maintenance et réparations	\$/t	\$2.49	\$2.46	\$2.52
Profit	\$/t	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b>TAUX PAR m<sup>3</sup></b>	<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$13.37</b>	<b>\$13.05</b>	<b>\$13.26</b>
Main-d'œuvre	\$/m <sup>3</sup>	\$3.81	\$3.74	\$3.77
Coûts fixes	\$/m <sup>3</sup>	\$3.77	\$3.64	\$3.73
Carburant consommé par voyage	\$/m <sup>3</sup>	\$3.68	\$3.58	\$3.62
Maintenance et réparations	\$/m <sup>3</sup>	\$2.11	\$2.09	\$2.15
Profit	\$/m <sup>3</sup>	\$0.00	\$0.00	\$0.00

### SOMMAIRE D'INFORMATION

#### INFORMATION PAR VOYAGE

Temps en mouvement (sans temps d'arrêt)	HMP/voyage	4.48	4.48	4.48
Temps aller-retour	HMP/voyage	5.73	5.73	5.73
Perte de temps par voyage	H/voyage	0.64	0.64	0.64
Pourcentage du temps au ralenti	%	22%	22%	22%
Distance aller-retour	Km	280	280	280
Carburant consommé par voyage	L/voyage	201.73	200.1	200.7
Coût par voyage	\$/voyage	\$754.91	\$750.57	\$756.87

#### INFORMATION PAR ANNÉE

Nombre de voyages par année	#	417	417	417
Tonnes par année	Tonnes	20023	20429	20268
Distance parcourue annuellement	km	116897	116897	116897
Consommation de carburant annuelle	L/année	84220	83533	83776
<b>Coûts par année</b>		<b>\$315,166</b>	<b>\$313,357</b>	<b>\$315,985</b>
Main-d'œuvre		\$89,775	\$89,775	\$89,775
Coûts fixes		\$88,837	\$87,342	\$88,814
Carburant consommé par voyage		\$86,747	\$86,039	\$86,289
Maintenance et réparations		\$49,807	\$50,202	\$51,107
Profit		\$0	\$0	\$0

#### INFORMATION VIE UTILE ÉQUIPEMENT

Vie utile du tracteur en heures	HMP	11970	11970	11970
Vie utile de la remorque en heures	HMP	16758	16758	16758
Vie utile de l'auto-chargeuse	HMP	NA	NA	NA
Vie utile du tracteur en km	HMP	584485	584485	584485
Vie utile de la remorque en km	HMP	818279	818279	818279

#### VENTILATION COÛTS EN POURCENTAGE

Main-d'œuvre		28%	29%	28%
Coûts fixes		28%	28%	28%
Carburant consommé par voyage		28%	27%	27%
Maintenance et réparations		16%	16%	16%
Profit		0%	0%	0%



[info@fpinnovations.ca](mailto:info@fpinnovations.ca)  
[fpinnovations.ca](http://fpinnovations.ca)

## NOS BUREAUX

---

Pointe-Claire  
570 , boul. Saint-Jean  
Pointe-Claire (Québec)  
Canada H9R 3J9  
514-630-4100

Vancouver  
2665 East Mall  
Vancouver (Colombie-Britannique)  
Canada V6T 1Z4  
604-224-3221

Québec  
1055, rue du P.E.P.S.  
Québec (Québec)  
Canada G1V 4C7  
418-659-2647