

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN GÉNIE INDUSTRIEL

PAR
ISSAM LAQIDI

CADRE D'ÉVALUATION DU TRANSPORT ROUTIER COLLABORATIF :
APPLICATION DANS LE SECTEUR FORESTIER

MARS 2018

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

Ce mémoire intitulé :

CADRE D'ÉVALUATION DU TRANSPORT ROUTIER COLLABORATIF :
APPLICATION DANS LE SECTEUR FORESTIER

Présenté par : LAQIDI ISSAM

en vue de l'obtention du diplôme de : Maître ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

AUDY Jean-François, Ph.D., ing. f., directeur de recherche

ABDUL-NOUR Georges, Ph.D., ing., membre du jury

LEHOUX Nadia, Ph.D., ing., membre du jury

DÉDICACE

À celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère.

À mon père, école de mon enfance, qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

À ma chère sœur Rim que j'aime profondément.

À celle qui partage mes jours, merci de m'avoir encouragé et supporté tout au long de la période de maîtrise.

À tous mes proches, mes amis et ma chère famille.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier M. Jean-François Audy, mon directeur de recherche, et M. Pascal Forget, mon codirecteur de recherche, pour leurs implications, leurs disponibilités tout au long cette période de maîtrise et leur soutien apporté, notamment, en me facilitant l'accès à toutes les informations. Grâce à eux, j'ai pu aller au-delà de mes attentes et j'ai pu développer mes compétences dans plusieurs domaines.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements au Syndicat des producteurs forestiers de la région du Québec et au Syndicat des propriétaires forestiers du sud du Québec pour avoir accepté de me rencontrer à plusieurs reprises et de me fournir de l'aide et des données afin que je puisse mener à bien mes travaux de recherche. Ensuite, je tiens à remercier M. Maxime Leclerc, étudiant à la maîtrise à l'Université de Laval, de m'avoir fourni le logiciel de planification des flux de transport avec retour en charge.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui ont évalué mes travaux de recherche, soit M. Georges Abdül-Nour et Mme Nadia Lehoux.

Je souligne, par la même occasion, ma reconnaissance à mes anciens professeurs, entre autres M. Denis Lagacé et M. François Bergeron.

Finalement, je tiens à remercier toute personne, qui, de près ou de loin, a participé dans la réalisation de ce travail.

RÉSUMÉ

Le secteur du transport routier est un secteur qui connaît des hausses significatives de ses coûts d'exploitation. Ceci est dû à plusieurs facteurs, tels que la volatilité du prix du pétrole et de certains consommables (par exemple, les pneus), le resserrement de la réglementation, notamment sur les heures de conduite des transporteurs, la rareté et le vieillissement de la main-d'œuvre qualifiée et la hausse des salaires. Pour pallier à ces augmentations, des entreprises optent pour la collaboration logistique interentreprises. Cette solution est utilisée sous différents aspects, tels que l'utilisation conjointe de remorques afin d'augmenter le taux de remplissage, l'usage de la pratique logistique de « retour en charge », la création de cours de transbordement et l'échange d'équipements ou de pièces de rechange.

Pour qu'une collaboration soit pérenne, il est important d'évaluer la performance et d'en assurer le suivi grâce à des indicateurs bien précis. Cependant, la littérature présente une lacune à cet effet : il y a absence d'un cadre permettant d'évaluer et de faire le suivi de la performance en transport routier collaboratif. Par conséquent, l'objectif de ce mémoire est de proposer un cadre d'évaluation du transport routier collaboratif qui peut être utilisé par des regroupements de transporteurs, d'expéditeurs ou des regroupements formés à la fois d'expéditeurs et de transporteurs. Ce cadre est par la suite appliqué sur un cas d'étude de la collaboration entre deux expéditeurs œuvrant dans le secteur forestier. Pour cette démonstration, la pratique logistique choisie est la pratique de retour en charge.

Pour tester le cadre proposé, un modèle de planification de flux de transport incluant des retours en charge est appliqué sur les données historiques des deux organisations. Ce modèle est appliqué dans un premier temps sur les données de chaque organisation. Par la suite, les données des deux organisations sont fusionnées pour une planification conjointe. Enfin, une comparaison et une discussion sont effectuées dans le but de connaître le potentiel qu'une collaboration peut fournir.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	IV
REMERCIEMENTS	V
RÉSUMÉ	VI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE.....	3
1.1. Contexte de la recherche	3
1.2. Objectif de la recherche	5
1.3. Structure du mémoire.....	5
CHAPITRE 2 RECENSION DES ÉCRITS	7
2.1. La collaboration dans une chaîne d'approvisionnement.....	7
2.1.1. Création de la collaboration	8
2.1.2. Gestion de la collaboration.....	11
2.2. La collaboration horizontale dans le secteur de transport.....	12
2.3. La pratique logistique des retours en charge.....	14
2.4. Retour en charge dans l'industrie forestière.....	17
2.5. La mesure de performance en transport routier	19
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	24
3.1. Méthodologie de recherche	24
3.2. Cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif.....	25
3.2.1. Étape 1. Choix des indicateurs de performance	25
3.2.2. Étape 2. Obtention des données historiques.....	26
3.2.3. Étape 3. Planification et performance individuelle	28
3.2.4. Étape 4. Planification et performance collaborative théorique	29
3.2.5. Étape 5. Analyse des gains de la performance collaborative théorique	29
3.2.6. Étape 6. Détermination des scénarios de collaboration.....	30

3.2.7.	Étape 7. Planification et évaluation de la performance pour chaque scénario	30
3.2.8.	Étape 8. Analyse, comparaison et choix du scénario	30
3.2.9.	Étape 9. Détermination de la méthode d'allocation pour chacun des bénéfices partageables	30
3.2.10.	Étape 10. Mise en œuvre du scénario de collaboration retenu	31
3.2.11.	Étape 11. Évaluation et suivi de la performance en continu	31
CHAPITRE 4 RÉSULTATS		33
4.1.	Description du cas d'étude	33
4.2.	Application du cadre proposé et présentation des résultats	35
4.2.1.	Étape 1. Choix d'indicateur de performance	35
4.2.2.	Étape 2. Obtention et traitement des données historiques	39
4.2.3.	Étape 3. Planification et évaluation de la performance individuelle	46
4.2.4.	Étape 4. Planification et évaluation de la performance collaborative théorique	55
4.2.5.	Étape 5. Analyse des gains de la performance collaborative théorique	58
4.2.6.	Étape 6. Détermination des scénarios de collaboration	60
4.2.7.	Étape 7. Planification et évaluation de la performance pour chaque scénario	62
4.2.8.	Étapes subséquentes	65
CHAPITRE 5 ANALYSE ET DISCUSSION		66
5.1.	Analyse	66
5.1.1.	Planification individuelle pour le volume total	66
5.1.2.	Planification collaborative pour le volume total	67
5.1.3.	Planification individuelle pour le volume prévisible	68
5.1.4.	Planification collaborative pour le volume prévisible	70
5.1.5.	Impact d'une meilleure synchronisation annuelle des flux de transport	71
5.1.6.	Distribution des gains des retours en charge sélectionnés par le modèle	72
5.2.	Discussion	73
5.2.1.	Limites de la recherche	74
5.2.2.	Implantations futures et possibilités d'améliorations	77
CONCLUSION		80
RÉFÉRENCES		82
ANNEXE I		89

ANNEXE II.....	91
ANNEXE III	92

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Synthèse des indicateurs de performance en transport routier	20
Tableau 2.2 Méthode de calcul des différents indicateurs de performance	22
Tableau 4.1 Informations sur les deux organisations.....	34
Tableau 5.1 Économies obtenues par la planification individuelle avec retours en charge pour le volume total	67
Tableau 5.2 Économies obtenues par la planification collaborative avec retours en charge pour le volume total	68
Tableau 5.3 Économies obtenus par chaque organisation, avec un horizon de planification de 2 mois et un volume prévisible.....	69
Tableau 5.4 Économies obtenues par la planification collaborative avec retours en charge	70
Tableau 5.5 Distribution des économies selon le nombre de répétitions.....	73

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Évolution du salaire des employés entre 2000 et 2016 dans le secteur de transport et d'entreposage (dollars courants) (Statistique Canada, 2017).....	4
Figure 2.1 Dimensions de la collaboration (adaptée de Barrat (2004))	9
Figure 2.2 Formes de collaboration (Frayret et al., 2003)	10
Figure 2.3 Exemple d'un trajet parcouru lors de l'utilisation de deux routes directes et d'une route avec retour en charge	16
Figure 3.1 Méthodologie de recherche proposée	25
Figure 3.2 Cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif.....	27
Figure 4.1 Exemple de calcul des deux indicateurs	37
Figure 4.2 Exemple de calcul de la distance pondérée avec des charges complètes	38
Figure 4.3 Exemple de calcul de la distance pondérée avec des charges partielles.....	39
Figure 4.4 Présence d'une saisonnalité marquée dans les volumes de livraison mensuelle du SPFSQ:.....	41
Figure 4.5 Présence d'une saisonnalité marquée dans les volumes de livraison mensuelle du SPFRQ.	41
Figure 4.6 Près de 15 % des destinations reçoivent près de 80 % des livraisons du SPFSQ	42
Figure 4.7 Près de 20 % des destinations reçoivent près de 80 % des livraisons du SPFRQ	43
Figure 4.8 Localisation des sites du SPFRQ	44
Figure 4.9 Localisation des sites du SPFSQ	44
Figure 4.10 Environ 158 producteurs (près de 10 %) fournissent 80 % du volume de livraison du SPFSQ	45
Figure 4.11 Environ 72 producteurs (près de 3,5 %) fournissent 80 % du volume de livraison du SPFRQ	46

Figure 4.12 Méthode utilisée pour calculer la somme des distances parcourues pour une période donnée	49
Figure 4.13 Somme des distances parcourues du SPFRQ sans retour en charge	50
Figure 4.14 Somme des distances parcourues du SPFSQ sans retour en charge.....	50
Figure 4.15 Somme des distances parcourues par chaque organisation sans retours en charge pour l'année au complet.	51
Figure 4.16 Somme des distances parcourues du SPFRQ avec retours en charge	54
Figure 4.17 Somme des distances parcourues du SPFSQ avec retours en charge	54
Figure 4.18 Somme des distances parcourues par chaque organisation avec retours en charge pour l'année au complet	55
Figure 4.19 Distances parcourues par les deux organisations ensemble sans retour en charge	56
Figure 4.20 Nouvelles distances parcourues par les deux organisations en collaboration avec retours en charge	57
Figure 4.21 Somme des distances parcourues par les deux organisations avec et sans retour en charge pour l'année au complet.....	57
Figure 4.22 Distances parcourues par le SPFRQ avec et sans retours en charge	58
Figure 4.23 Distances parcourues par SPFSQ avec et sans retour en charge	59
Figure 4.24 Distances parcourues par les deux organisations avec et sans retour en charge	59
Figure 4.25 Distances parcourues par chaque organisation avec et sans retour en charge	60
Figure 4.26 Volume de bois produit par les producteurs avec un volume prévisible du SPFRQ	61
Figure 4.27 Volume de bois produit par les producteurs avec un volume prévisible du SPFSQ.....	61
Figure 4.28 Distance parcourue avec et sans retour en charge pour les producteurs à volume prévisible du SPFRQ.....	62

Figure 4.29 Distance parcourue avec et sans retour en charge pour les producteurs à volume prévisible du SPFSQ	63
Figure 4.30 Distance totale parcourue avec et sans retour en charge pour les producteurs à volume prévisible des deux organisations.....	64
Figure 4.31 Somme des distances parcourues avec et sans retour en charge, en individuel et en collaboration pour l'année au complet	65
Figure 5.1 Économies apportés par la planification annuelle par rapport à la planification au 2 mois	71
Figure 5.2 Près de 30 % des retours en charge sélectionnés apportent 80 % des économies	72

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, le secteur du transport routier fait face à une hausse de ses coûts d'exploitation et à une complexité accrue des opérations dues à des demandes de livraisons plus fréquentes, plus rapides et en plus petites quantités. La collaboration logistique interentreprises est considérée comme l'une des solutions innovantes pour y faire face. En dégagant des gains d'efficacité dans les opérations, elle permet d'augmenter la qualité du service, d'améliorer la performance et le rendement global, de réduire les distances parcourues, de réduire l'impact environnemental et de réduire les coûts d'exploitation.

Plusieurs chercheurs se sont penchés sur la collaboration logistique interentreprises et ont démontré qu'elle peut offrir différents bénéfices à toutes les parties prenantes. Certains chercheurs ont proposé des cadres méthodologiques visant la création et la pérennité de la collaboration en logistique et en chaîne de valeur (Marques et al., 2016 ; Lehoux et al., 2014 ; Audy et al., 2012 ; Moutaoukil et al., 2012 ; Matopoulos et al., 2007, Simatupang et Sridharan, 2002). Cependant, on note une absence dans la littérature d'un cadre spécifique aux regroupements collaboratifs en transport routier qui permet l'évaluation de leur performance.

La contribution de ce mémoire est la proposition d'un cadre d'évaluation de la performance en transport routier collaboratif. Il est appliqué sur un cas d'étude de la collaboration entre deux expéditeurs œuvrant dans le secteur forestier. Cependant, ce cadre est généralisable à d'autres types de regroupements collaboratifs de transport, soit un regroupement composé exclusivement de transporteurs ou d'expéditeurs, ou combinant à la fois transporteur(s) et expéditeur(s).

Dans le premier chapitre de ce mémoire, une présentation du contexte et de l'objectif de la recherche est présentée. Au deuxième chapitre, la recension des écrits présente la collaboration interentreprises dans la chaîne d'approvisionnement et en transport, les

indicateurs de performance dans le secteur du transport routier et une description de la pratique logistique de retour en charge dans cette industrie. Le troisième chapitre décrit la méthodologie suivie dans ce mémoire, ainsi que le cadre d'évaluation de la performance en transport routier collaboratif qui est proposé. Le quatrième chapitre présente, dans sa première partie, un cas d'application du cadre dans le secteur forestier, où les gains collaboratifs sont issus de la pratique logistique étudiée. Les résultats obtenus après l'application du cadre proposé sur l'instance complètent la seconde partie de ce chapitre. Le cinquième et dernier chapitre présente la discussion et l'analyse des résultats, incluant des propositions d'améliorations futures et les limites du mémoire. Finalement, une conclusion est proposée.

CHAPITRE 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

1.1. Contexte de la recherche

Dans le contexte d'affaires actuel, le transport routier est considéré comme un secteur qui connaît une rude compétition. Ceci est notamment dû à la fragmentation de cette industrie où, à titre d'exemple, au Canada en 2015, 107 764 entreprises œuvraient dans le transport par camion (Statistique Canada, 2015). Parallèlement, les activités de transport routier représentent généralement une part significative des coûts en logistique dans une chaîne de valeur et sont une source d'impacts environnementaux non négligeables. Or, les coûts d'exploitations du transport routier tendent vers des hausses appréciables dues à la volatilité du prix du pétrole ainsi que certains consommables (par exemple, les pneus), la rareté et le vieillissement de la main-d'œuvre qualifiée, la hausse des salaires et les resserrements de la réglementation (notamment sur les heures de service des conducteurs), etc. À titre d'exemple, le salaire horaire moyen dans l'industrie du transport routier est passé de 17,36 \$ en 2000 à 25,29 \$ en 2016 (figure 1.1), soit une augmentation de 35,3 %, alors que l'indice des prix à la consommation est passé de 95,4 en 2000 à 128,4 en 2016, soit une augmentation de 25,7 % (Les indices moyens annuels sont obtenus en prenant la moyenne des indices pour les 12 mois de l'année civile). Ceci montre que le pourcentage d'augmentation du salaire horaire moyen dans l'industrie du transport routier entre l'année 2000 et 2016 est supérieure au pourcentage d'augmentation de l'indice des prix à la consommation pour la même période (Statistique Canada, 2016). Aussi, le taux d'employés âgés de 55 ans et plus dans le secteur du transport routier et d'entreposage est passé de 11,4 % en 2000 à 25,8 % en 2016 (Statistique Canada, 2016).

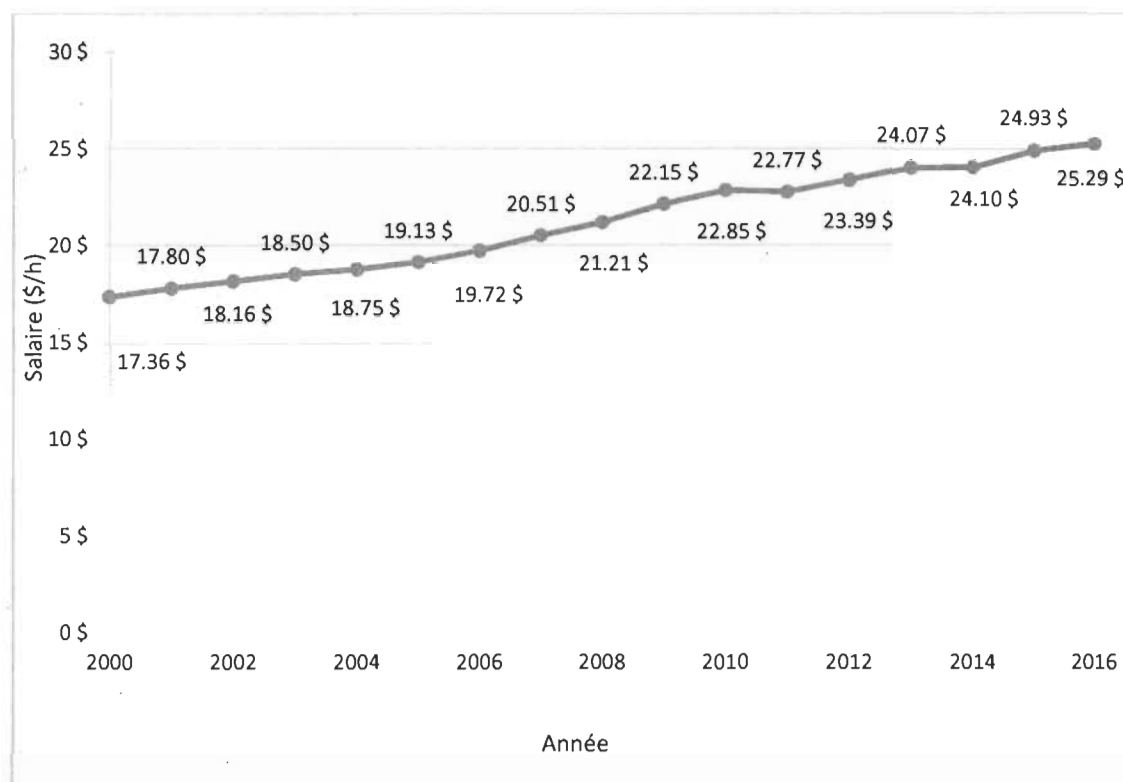


Figure 1.1 Évolution du salaire des employés entre 2000 et 2016 dans le secteur de transport et d'entreposage (dollars courants) (Statistique Canada, 2017)

À ces pressions s'ajoute celle de la complexité grandissante de la prestation du service de transport due aux exigences accrues des acteurs de la chaîne de valeur pour des livraisons plus fréquentes, plus rapides et en plus petites quantités, tout en respectant des plages horaires de rendez-vous précises. Face à ces défis, la recherche de solutions novatrices s'impose.

Pour atteindre des gains d'efficacité dans les opérations de transport, l'une des solutions envisagées est la collaboration logistique interentreprises. En effet, la collaboration logistique interentreprises est utilisée par les organisations sous différents aspects. On peut citer, à titre d'exemple, l'utilisation conjointe de camions afin d'augmenter le taux de remplissage d'un voyage, l'usage de la pratique logistique de retour en charge et la création de cours de transfert.

1.2. Objectif de la recherche

Dans ce mémoire, le problème abordé est la mesure et le suivi de la performance liée à la mise en œuvre et à l'opérationnalisation d'une pratique logistique collaborative entre plusieurs entreprises distinctes. On vise à répondre aux deux questions suivantes :

- Quelles sont les étapes à suivre pour évaluer la performance du transport routier collaboratif ?
- Quels sont les indicateurs à utiliser pour mesurer la performance ?

Par conséquent, l'objectif de ce mémoire est de proposer un cadre d'évaluation du transport routier collaboratif qui peut être utilisé par des regroupements de transporteurs, d'expéditeurs ou des regroupements formés à la fois d'expéditeurs et de transporteurs. Afin d'atteindre ces objectifs, une recension des écrits a été faite, puis un cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif a été développé, incluant les étapes à suivre et les indicateurs à utiliser. Le cadre, appliqué à un cas d'étude avec l'utilisation de la pratique logistique de retour en charge, permet d'atteindre les objectifs suivants :

1. Évaluer la performance individuelle et collaborative de plusieurs scénarios de collaboration ;
2. Évaluer la possibilité de mettre en œuvre une collaboration ;
3. Faire un suivi en continu de la performance du scénario choisi.

Le cadre vise à aider les gestionnaires à appliquer la collaboration interentreprises dans les transports selon des étapes précises. Ceci peut avoir des effets relatifs à une productivité et une efficacité accrue.

1.3. Structure du mémoire

Ce mémoire est structuré en cinq chapitres distincts. Outre le premier chapitre présentant le contexte et les objectifs de recherche, le second chapitre présente une recension des écrits sur la collaboration interentreprises dans le transport routier et les travaux antérieurs

connexes. Aussi, ce chapitre traite la pratique logistique de retour en charge dans l'industrie en général et, plus spécifiquement, dans l'industrie forestière. Enfin, ce chapitre propose une recension des écrits portant sur les indicateurs utilisés pour mesurer la performance dans le secteur de transport routier. Par la suite, on présente dans le troisième chapitre la méthodologie suivie dans ce mémoire, qui comporte un cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif. Chaque étape du cadre proposé est expliquée en détail. Le quatrième chapitre présente, dans sa première partie, une description des deux expéditeurs sur lesquels le cadre est appliqué, le premier œuvrant dans la région de Québec et le second dans la région du sud du Québec. La seconde partie de ce chapitre énonce les résultats obtenus lors de l'application du modèle de planification des flux de transport sur les données historiques des deux expéditeurs sous étude. Le cinquième et dernier chapitre propose une analyse et une discussion des résultats obtenus. Cette discussion fait aussi part des limites de l'étude et énonce les pistes de recherches futures. Finalement, la conclusion fait le bilan des résultats obtenus.

CHAPITRE 2 RECENSION DES ÉCRITS

Ce chapitre débute par une recension des écrits de la collaboration dans la chaîne d'approvisionnement. Par la suite, la collaboration horizontale dans le transport est détaillée. Puis, une des pratiques de collaboration logistique, soit les retours en charge, est présentée et une revue de littérature sur le sujet est proposée. À la fin de cette partie, les retours en charge dans le contexte de l'industrie forestière sont discutés. Finalement, la mesure de performance dans le secteur de transport est décrite.

2.1. La collaboration dans une chaîne d'approvisionnement

La collaboration interentreprises au sein d'une chaîne d'approvisionnement a été largement étudiée dans les écrits scientifiques et plusieurs définitions ont été proposées. Ici, on considère qu'une telle collaboration se produit lorsque « deux ou plusieurs entreprises indépendantes travaillent conjointement pour planifier et exécuter les opérations de la chaîne d'approvisionnement avec plus de succès que lorsqu'ils agissaient individuellement » (Simatupang et Sridharan, 2002).

Différentes raisons poussent les entreprises à collaborer, telles que le désir de faire des économies d'échelle, de répondre rapidement et de meilleure façon à un changement de la demande, de mutualiser des coûts logistiques (transport, entreposage, etc.) ou pour la réduction des risques (Lehoux et al., 2014). Bartlett et Ghoshal (2000) citent trois façons dont les alliances permettent aux entreprises participantes de tirer profit des économies d'échelle. La première façon consiste à mettre en commun les ressources de chaque entreprise et en se concentrant sur les activités. La deuxième consiste à tirer profit des forces des autres entreprises participantes. Finalement, la troisième porte sur la commercialisation des ressources afin d'obtenir des gains mutuels et d'éliminer les coûts élevés de la duplication. Mason et al. (2007) mentionnent également qu'une collaboration permet d'augmenter la capacité des entreprises à répondre à certaines préoccupations opérationnelles, telles que les fluctuations de la demande, et d'accroître l'efficacité de la distribution en diminuant les coûts, en améliorant le service et en consolidant leur position

sur le marché. Les entreprises sont de plus en plus conscientes que la combinaison de ressources critiques avec des partenaires stratégiques, tels que les partenaires de la chaîne de valeur, peuvent fournir des avantages concurrentiels (Paulraj et al., 2008).

2.1.1. Création de la collaboration

Afin qu'une collaboration soit profitable à toutes les parties et qu'elle se distingue par sa pérennité, certains chercheurs ont défini les étapes à suivre. À titre d'exemple, Audy et al. (2012) expliquent que pour créer une collaboration, il est nécessaire de définir les objectifs et agir pour que ces derniers soient atteints. Ensuite, il faut choisir la dimension et la forme de collaboration souhaitées. Enfin, il faut bien sélectionner les partenaires. Lehoux et al. (2014) affirment qu'à la phase de la création de la collaboration, les étapes importantes sont la sélection des partenaires, la création d'un cadre légal et enfin la gestion de la relation en organisant des rencontres inter-organisations et en posant des mécanismes afin de régler les conflits.

D'autre part, la collaboration peut être divisée en deux dimensions, soit une collaboration verticale et la collaboration horizontale (Barrat, 2004). La collaboration verticale se produit entre des unités commerciales appartenant à la même chaîne de valeur, à titre d'exemple, en aval avec un fournisseur de l'entreprise ou en amont avec un client de l'entreprise. La collaboration horizontale se produit entre des unités d'affaires en dehors d'une même chaîne de valeur, à titre d'exemple, entre des entreprises concurrentes ou des entreprises qui n'œuvrent pas dans les mêmes industries. La figure 2.1 illustre les différentes dimensions d'une collaboration.

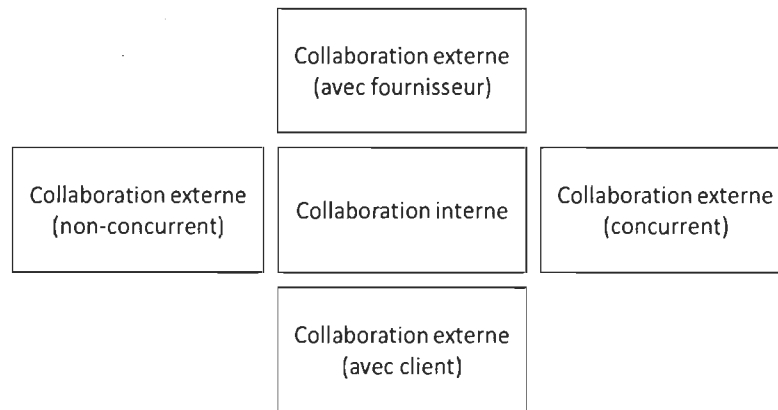


Figure 2.1 Dimensions de la collaboration (adaptée de Barrat (2004))

Par ailleurs, Frayret et al. (2003) classifient les niveaux de relations de collaboration en cinq formes, comme présenté dans la figure 2.2. Le niveau de partage d'information (axe des ordonnées) et le niveau d'interactions commerciales (axe des abscisses) peuvent varier selon la forme de collaboration. Frayret et al. (2003) affirment que le type d'information à échanger est différent selon la forme de collaboration adaptée. Des entreprises qui adoptent une relation de collaboration transactionnelle (une forme simple de collaboration) peuvent échanger des informations telles que les commandes, les paiements, les confirmations de livraison, etc. Des entreprises qui décident de planifier ensemble partagent des informations plus stratégiques et doivent s'entendre sur les objectifs, partager des informations stratégiques telles que la demande des clients et les prévisions. Ces informations échangées traduisent la volonté des organisations d'améliorer leurs relations. Dans la troisième forme de collaboration, les informations sont échangées dans le but de prendre des décisions en commun. Dans cette relation, les organisations choisissent des indicateurs clés de performance et développent des objectifs en prenant en considération la capacité et les limites de chacun. Dans la quatrième forme de collaboration, selon les mêmes auteurs, les opérations et les activités sont réalisées en commun avec le désir de transférer les connaissances et transmettre le savoir. Finalement, une relation de coévolution est une relation avec une forme de partenariat plus complexe qui peut donner naissance à une nouvelle entité telle qu'un consortium ou une coentreprise.

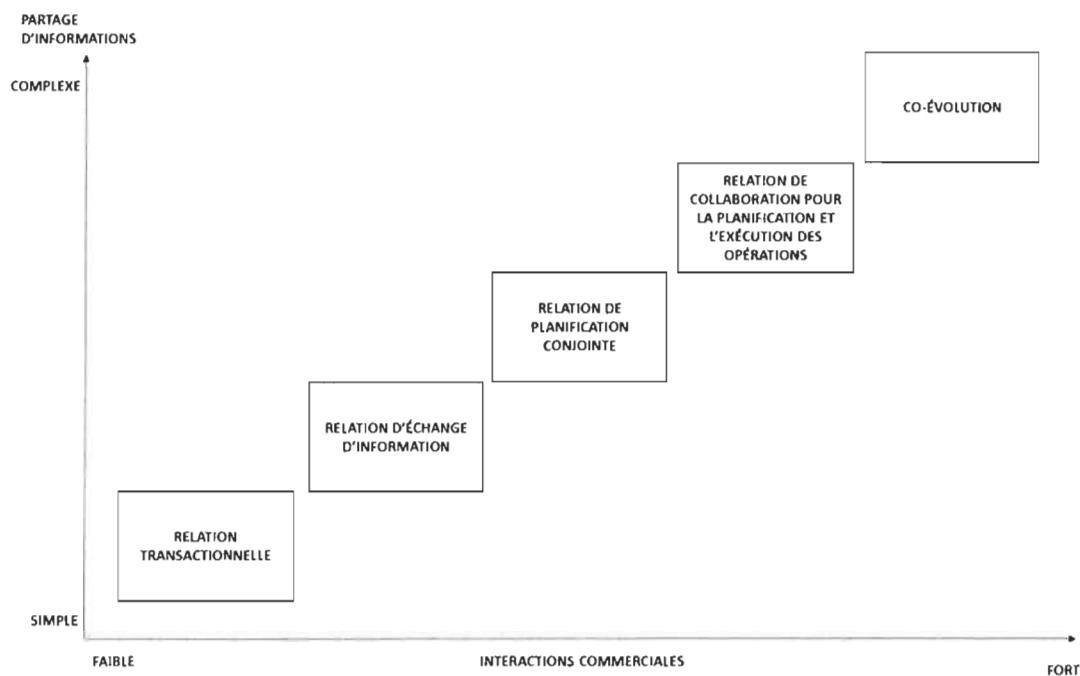


Figure 2.2 Formes de collaboration (Frayret et al., 2003)

Le choix de partenaires est considéré comme l'une des étapes les plus critiques lors de la création d'une collaboration. Cette étape peut mener au succès comme à l'échec. Plus le nombre de partenaires augmente, plus les mécanismes de collaboration deviennent difficiles à élaborer, car l'échange n'est plus bilatéral comme dans une relation fournisseur client (Quélin, 2002). De plus, il se peut que des entreprises fournissent beaucoup d'effort pour peu de gains, ou le contraire. Liu et al. (2006) décrivent le bon partenaire comme celui qui a la même taille d'organisation, la même culture, la même philosophie, les mêmes buts et objectifs, qu'il est prêt à collaborer en acceptant les risques et en voulant partager les bénéfices et qui utilise des technologies similaires aux siennes. Ces mêmes auteurs ont réalisé une étude sur les partenaires interentreprises et la stabilité financière, les compétences technologiques et la philosophie de gestion ressortent comme étant les facteurs les plus importants lors du choix des partenaires de collaboration.

2.1.2. Gestion de la collaboration

Une fois qu'une collaboration est commencée, il est logique de gérer cette dernière de façon à ce qu'elle soit le plus équitable possible. L'un des volets qu'il faut gérer est l'évaluation et le partage de bénéfices. Audy et al (2012) ont classé les bénéfices de collaboration en deux catégories, soit des bénéfices qualitatifs et quantitatifs. Bien que la première catégorie de bénéfices ne puisse pas être partagée entre entités, la deuxième catégorie peut parfois être partagée (à titre d'exemple, la réduction des coûts) et parfois non (à titre d'exemple, la réduction du temps de livraison). Puisque chaque entité peut obtenir des bénéfices différents d'une autre, il est primordial d'utiliser des méthodes qui garantissent que la collaboration soit acceptable par tous.

Une des méthodes souvent utilisées pour établir des règles sur la façon de partager les bénéfices associés à une collaboration est la théorie des jeux coopératifs. Cette théorie est un domaine qui s'appuie surtout sur la théorie des ensembles mathématique. McCain (2008) explique que dans cette théorie, les méthodes les plus connues et utilisées pour répartir les coûts et les bénéfices entre les partenaires d'une collaboration sont la méthode du nucléole et la valeur de Shapley. La première méthode permet de s'assurer que chaque membre de la coalition soit satisfait. Cette méthode répond donc au critère de la rationalité individuelle. Dans la deuxième méthode, des axiomes sont développés pour conduire à une solution unique dans le cas d'un jeu avec utilité transférable. Ces axiomes sont :

- l'efficience : les partenaires partagent les ressources disponibles pour le regroupement ;
- la symétrie : si deux participants ont la même contribution pour le regroupement, alors ils doivent recevoir la même portion des profits ;
- l'additivité : la somme des parts de chaque joueur est la même que la somme globale de tous les joueurs ;
- la neutralité : si un membre ne fournit aucune contribution, il n'y a pas de paiement.

Par ailleurs, un autre volet important dans la gestion de la collaboration est le partage d'information et la synchronisation des opérations. Frayret (2009) mentionne la nécessité d'une synchronisation des opérations de la chaîne d'approvisionnement afin de régler le problème de coordination des opérations entre les membres du réseau. Lehoux et al. (2014) expliquent que le partage d'information et l'implémentation d'approches collaboratives sont des moyens efficaces pour synchroniser les activités. Fawcett et al. (2007) ont observé quatre obstacles qui limitent l'impact positif du partage de l'information. Le premier est la complexité de la mise en œuvre de technologies de pointe. Ces derniers sont généralement coûteux et parfois, ils ne fournissent pas les résultats escomptés. Le second est la « connectivité » à travers l'organisation et à travers la chaîne de valeur. L'incompatibilité des systèmes représente le troisième obstacle. La volonté du partage d'information est considérée comme le dernier obstacle, car il existe une culture associée à l'échange d'informations et les gestionnaires ne sont pas nécessairement prêts à partager leurs connaissances avec leurs partenaires.

2.2. La collaboration horizontale dans le secteur de transport

Depuis quelques années, la collaboration horizontale est devenue propice avec l'ampleur croissante de la littérature sur ce sujet. Vanovermeire et al. (2014) définissent la collaboration logistique horizontale comme regroupant les activités en relation avec le transport des entreprises opérant sur le même niveau de la chaîne d'approvisionnement et qui ont des besoins de transport similaires ou complémentaires.

Les principaux objectifs d'une collaboration horizontale en transport routier sont d'offrir un meilleur service et de réduire les coûts pendant le processus de livraison (Esper et Williams, 2003). Ergun et al. (2007a, 2007b) affirment qu'à travers la collaboration horizontale dans le secteur du transport, les entreprises peuvent optimiser leurs temps de livraison et leurs taux d'utilisation de la capacité de chargement. Ils peuvent aussi améliorer l'utilisation de leurs ressources et bénéficier d'un réseau de transport plus large.

Audy et al. (2011) ont conclu à l'aide d'une étude de cas de quatre fabricants canadiens de meubles expédiés aux États-Unis que la collaboration horizontale dans le domaine des transports peut permettre de réduire les coûts et les délais de livraison. Vanovermeire et al. (2014) exposent également une étude de cas menée dans trois entreprises en Belgique sur l'effet de la collaboration horizontale sur les coûts de transport et le nombre de voyages requis. Ils ont comparé deux scénarios, où dans le premier, chaque entreprise optimise ses propres coûts de transport, alors que dans le second, les trois entreprises collaborent pour optimiser leurs coûts de transport. Les résultats montrent que les gains qui peuvent être obtenus par la collaboration horizontale peuvent être encore plus grands si toutes les entreprises participantes adoptent une attitude flexible (permettre de changer les dates de livraison et de diviser les grosses commandes en plus petites). Une autre étude a été faite par Bahrami (2002) sur le cas de la collaboration de deux producteurs allemands (Henkel et Schwarzkopf) lors de la distribution de leurs produits. Les résultats ont montré que les coûts de distribution totaux de ces deux entreprises ont diminué de 9,8 %.

Dans une enquête réalisée sur les principales opportunités qu'offre une collaboration horizontale, Cruijssen et al. (2007) parlent de réduction de coûts et d'augmentation de productivité, car généralement, une telle collaboration fournit une plateforme d'apprentissage organisationnel qui offre aux entreprises un accès aux compétences et aux capacités des partenaires. De cette façon, les entreprises peuvent améliorer leurs propres processus opérationnels et avoir un meilleur contrôle de leurs coûts. Les auteurs affirment qu'une collaboration améliore aussi la qualité de service en augmentant la vitesse et la fréquence des livraisons, la couverture géographique et la fiabilité des délais de livraison. Finalement, les auteurs citent aussi l'impact positif de la collaboration horizontale sur la position des entreprises dans le marché. La grandeur des volumes exigés pour desservir les grands expéditeurs industriels empêche parfois les entreprises à participer au processus d'appel d'offres. Une collaboration est donc parfois utile pour accroître la flotte disponible, la gamme de services et la couverture géographique et, par conséquent, être plus accessible aux clients (Bleeke and Ernst, 1995).

La collaboration horizontale dans le secteur de transport a aussi un impact positif sur l'environnement. Selon Saenz et al. (2014), qui ont réalisé une étude sur l'effet de la collaboration horizontale sur quatre entreprises spécialisées dans la distribution de marchandise, la collaboration horizontale a permis des réductions des émissions de gaz à effet de serre entre 20 % et 30 %, dépendamment du cas. Cette réduction est généralement due à la réduction du nombre de voyages et de la distance parcourue. Ces auteurs soulignent que grâce à la collaboration horizontale, la fréquence de livraison, ainsi que le niveau de service ont augmenté aussi.

Cependant, la pratique montre la difficulté des relations de collaboration horizontale stratégiques pour de nombreuses raisons. Cruijssen et al. (2007) ont réalisé une enquête sur les principaux obstacles de la collaboration horizontale. Les principaux obstacles cités sont l'identification de tierces parties fiables pour diriger la coopération et l'établissement d'un mécanisme d'allocation équitable des bénéfices. Ces auteurs citent aussi la difficulté de sélectionner les partenaires et d'adapter les technologies d'information et de communications avec les autres partenaires. Une enquête similaire a également été réalisée par Lyons et al. (2012) et Hua et al. (2012). La première mentionne comme barrières à la collaboration un manque de confiance entre les organisations et la crainte que les concurrents obtiennent des informations sensibles alors que la seconde mentionne le manque de soutien de la haute direction, l'insuffisance des ressources et des efforts ainsi que la résistance à l'échange d'information. Vanovermeire et al. (2014) parlent d'absence d'études de cas, de modèles de soutien et de partage des gains. Finalement, notons que Quélin (2002) affirme que la collaboration horizontale peut mener à d'autres formes de risques, tels que les risques associés à la confidentialité des informations partagées, des risques financiers ainsi que des risques de perte de contrôle.

2.3. La pratique logistique des retours en charge

Après avoir livré un chargement, un véhicule est généralement vide pour son chemin de retour. En Europe, le retour à vide des véhicules représente environ 25 % des activités de transport routier (Commission européenne, 2011). Afin d'accroître l'efficacité, la

possibilité de transporter un autre chargement lors du retour à la zone de départ, où le premier chargement est originaire, peut parfois être envisageable. Cette pratique logistique est désignée communément par « retour en charge » (*backhaul*). Cette pratique est une façon de réduire les coûts de transport et d'augmenter l'utilisation des véhicules.

Les retours en charge font partie des problèmes de tournées de véhicules (*Vehicle Routing Problem* - VRP). Le VRP est une généralisation du problème classique de voyageur de commerce (*Traveling Salesman Problem* - TSP) où l'objectif est de déterminer le plus court chemin qui visite une et une seule fois chaque nœud d'un réseau (Bailey et al., 2011). Le VRP est un TSP avec une flotte de véhicules où, selon une fonction objective donnée, il faut déterminer les tournées permettant de desservir les besoins de transport de tous les clients dans un réseau. Le VRP peut contenir une ou plusieurs contraintes additionnelles telles que des fenêtres de temps à respecter pour les livraisons (*VRP with time windows*) (Toth et Vigo, 2001).

Dans le problème de tournées de véhicules avec retour en charge (*VRP with backhauls*-VRPB), les clients sont séparés en deux sous-ensembles. Le premier sous-ensemble contient les clients avec aller en charge (*line haul customers*) qui ont besoin de la livraison d'une marchandise. Le deuxième sous-ensemble contient les clients avec le retour en charge (*backhaul customers*) qui détiennent une marchandise prête à l'expédition. La VRPB contient une contrainte de priorité, car le client avec aller en charge doit toujours être visité avant le client qui détient la marchandise à expédier pour le retour en charge (Toth et Vigo, 2001).

L'objectif principal de l'utilisation des routes avec retour en charge est de réduire les distances parcourues pour l'ensemble des livraisons. La figure 2.3 présente comment l'utilisation de cette pratique logistique permet de réduire les distances de livraison par le biais d'un exemple. Ici, on calcule les distances parcourues lors de la livraison d'une marchandise à partir de deux points de cueillette (A et D) vers deux points de livraison (B et C). Cette même distance est calculée en combinant les deux routes avec l'utilisation d'un retour en charge. On considère que la distance entre la cueillette A et la livraison B

est de 10 km et que la distance entre la cueillette D et la livraison C est de 15 km. Afin qu'un retour en charge soit le plus bénéfique, la distance entre la livraison B et la cueillette D (et entre la livraison C et la cueillette A) doit être le plus proche possible. Dans cet exemple, la distance entre ces deux points est de 3 km.

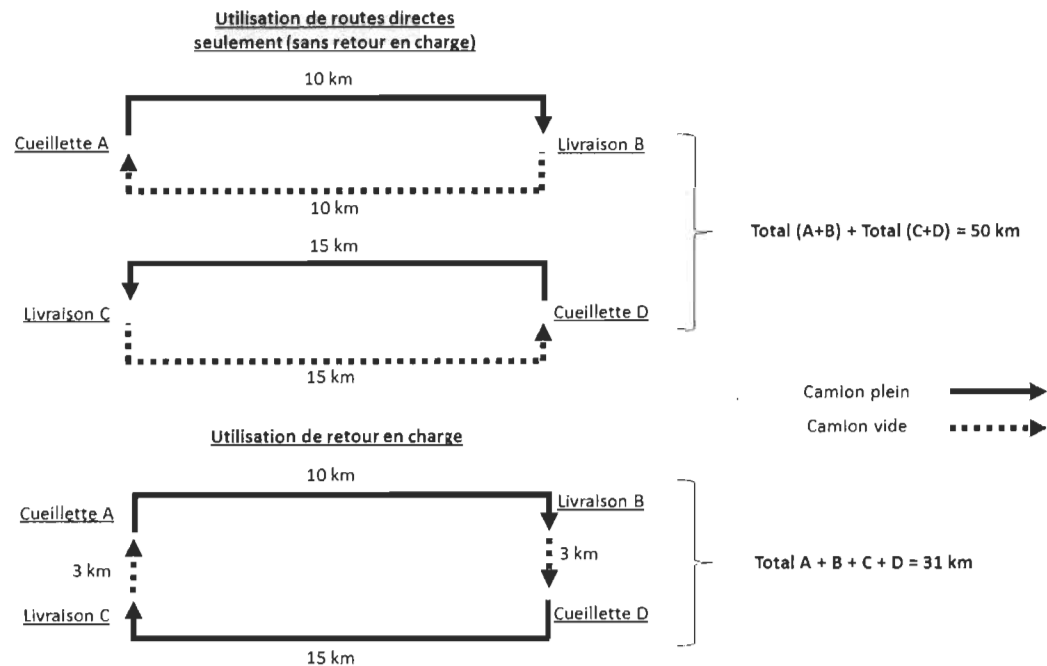


Figure 2.3 Exemple d'un trajet parcouru lors de l'utilisation de deux routes directes et d'une route avec retour en charge

L'exemple montre qu'en combinant les deux routes avec l'utilisation de retour en charge, la distance totale parcourue a été réduite par rapport au trajet utilisant deux livraisons. Cette distance est passée de 50 km, avec l'utilisation des deux routes directes, à 31 km, avec l'utilisation de retour en charge, soit une réduction de 38 % du nombre de kilomètres parcourus.

En plus de réduire la distance parcourue lors des activités de transport, l'utilisation des retours en charge permet de réduire les coûts de transport et de fournir un service de distribution plus rapide aux clients. Un autre avantage est aussi la réduction de l'impact environnemental des activités de distribution. Au sein des pays de l'Union européenne,

environ 18 % des émissions de gaz à effet de serre sont dues au transport routier (Hill et al., 2012), alors que c'est environ 23 % au Canada (Environnement et Changement climatique Canada, 2016).

De nombreux travaux ont été menés pour connaître les bénéfices de l'utilisation des routes avec retours en charge. Parmi ces travaux, Bailey et al. (2011) ont développé deux modèles et deux approches de résolution, révélant que le pourcentage des économies de coûts après l'utilisation de retour en charge peut atteindre 27 %. Ces économies peuvent varier selon la quantité livrée, la distance de livraison, la distance de détour nécessaire pour d'autres livraisons, la capacité du véhicule et la séquence de la tournée.

Afin de mettre en application des retours en charge, les produits à livrer doivent utiliser le même type de camion. À titre d'exemple, un camion ne peut pas livrer des copeaux de bois et revenir avec des produits alimentaires lors de son chemin de retour, tout simplement parce que le type de camion pour transporter les deux produits n'est pas le même.

2.4. Retour en charge dans l'industrie forestière

Similaires au transport routier dans d'autres industries, les retours en charge dans le transport forestier, soit des zones de récolte vers les industries de transformation primaires, sont largement étudiés. Plusieurs modèles de planification incluant des retours en charge sont proposés dans la littérature (à titre d'exemple, Puodziunas et al., 2004 ; Palander et Väätäinen, 2005 ; Carlsson et Rönnqvist, 2007) dont certains sont intégrés dans un système d'aide à la décision (à titre d'exemple, Eriksson et Rönnqvist, 2003 ; Forsberg et al., 2005 ; Gingras et al. 2007).

L'un des premiers systèmes incluant la possibilité de retour en charge a été introduit par Carlsson et Rönnqvist (1998) dans le sud de la Suède. Le modèle utilise comme méthode de résolution la génération de colonne. Les auteurs ont constaté que les réductions des coûts de transport avec l'utilisation des retours en charge seraient entre 3,9 % et 4,6 % des coûts. Ils ont également noté que les retours en charge pouvaient permettre de réduire la

distance parcourue avec des charges vides d'environ 21 %. Enfin, la remarque était que l'efficacité économique augmente lorsque les retours en charge sont combinés avec la collaboration interentreprises. Eriksson et Rönnqvist (2003) ont étudié le cas d'une entreprise suédoise de papeterie qui utilise un système offrant la possibilité d'échange et de partage d'information sur internet pour soutenir une planification opérationnelle interentreprises du routage des camions. Le système s'appelle Åkarweb et donne accès aux gestionnaires pour visualiser l'information détaillée concernant la récolte en cours, le stockage réel sur les sites routiers et pour avoir des informations concernant la destination des grumes. Il sert aussi comme support de carte pour voir les zones de récolte et les niveaux de stockage, mais aussi comme un outil de soutien pour identifier les retours en charge. Åkarweb a permis aux organisations qui l'utilisaient d'obtenir un certain niveau d'économies, car ce dernier a permis de simplifier la gestion du transport. Il a aussi permis d'avoir recours à un système cartographique pour supporter la conduite et pour trouver des points d'approvisionnement. Les types de produits et les volumes sur les points d'approvisionnement sont rapidement disponibles. Enfin, ce système a augmenté la proportion de retours en charge.

Une autre étude a été menée par Forsberg (2003). Ce dernier a constaté que, dans le nord de la Suède, une grande partie du bois pouvait être transporté avec une collaboration interentreprises et avec l'utilisation des retours en charge. Selon son travail, dans un délai de 2 semaines, jusqu'à 46 % du volume total de transport de bois pourrait être transporté en utilisant des retours en charge. Cela réduirait les coûts de transport direct de 5 % et le nombre de voyages avec des retours vides de 24 % de leurs niveaux prévus précédemment. De leur côté, Palander et Väättäinen (2005) ont proposé deux différents modèles de planification des flux de transport de bois. Le premier s'intéresse seulement au transport à sens unique, alors que le second inclut les retours en charge. Leurs résultats montrent qu'avec l'utilisation des retours en charge, les coûts de transport ont diminué de 2 % et le coût total des achats de bois de 0,3 %. Par ailleurs, Carlsson et Rönnqvist (2007) proposent un modèle de planification des routes incluant des retours en charge. Le modèle est basé sur la programmation linéaire avec des variables de flux représentant des routes

offrant le potentiel de retour en charge. Le modèle a été appliqué sur une étude de cas lors de la collaboration de quatre entreprises forestières. Les résultats montrent que grâce à l'utilisation des retours en charge, la réduction des retours à vide et de la consommation de carburant peut varier entre 4,8 % et 8,4 %.

Finalement, Dorval (2015) conclut, après avoir appliqué un outil d'optimisation du transport sur les données d'un des syndicats sous étude dans ce mémoire, que grâce à une collaboration entre les transporteurs membres de l'organisation, il y a un potentiel d'économie de l'ordre de 2 %.

2.5. La mesure de performance en transport routier

Les systèmes de mesure de la performance fournissent aux entreprises les outils nécessaires pour soutenir la planification et le suivi d'un processus, tout en offrant une rétroaction importante (Ramaa et al., 2009). Ces systèmes jouent aussi un rôle important dans la définition des objectifs, l'évaluation du rendement et la détermination des actions futures (Gunasekaran et al., 2004).

Afin de pouvoir évaluer la performance du transport routier, il est important d'avoir en main des indicateurs de performance qui, une fois calculés, permettront d'avoir des données numériques pour prendre la bonne décision. Pour cela, une synthèse de la recension des écrits sur les indicateurs de performance en transport routier est présentée dans les tableaux 2.1 et 2.2. Cette recension fait état d'articles pertinents qui reflètent une vision large de la mesure de la performance dans le secteur des transports. Les indicateurs de performance sont regroupés selon cinq principales catégories : qualité, quantité, temps, coût et distance. Les termes originaux anglais sont notés entre parenthèses. À la lumière de la recherche bibliographique réalisée, on remarque l'absence dans la littérature d'un système de mesure de la performance pour des regroupements collaboratifs en transport routier. Par ailleurs, la méthode de calcul des différents indicateurs de performance est présentée dans les tableaux 2.3 et 2.4. Il s'agit des relations mathématiques utilisées par les auteurs pour calculer un indicateur donné. L'unité de mesure de chaque indicateur est

mise entre parenthèses à la fin de chaque équation. Par ailleurs, le terme « route directe », utilisé dans la catégorie Distance dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et dans la suite du mémoire, signifie que le camion est chargé lors du chemin aller et vide lors du chemin retour.

Tableau 2.1 Synthèse des indicateurs de performance en transport routier

INDICATEUR DE PERFORMANCE		Auteurs									
		Bowersox et al. (2013)	Garcia et al. (2012)	Schönsleben (2011)	SCOR (2010)	Kravokics et al. (2008)	Carlsson et Rönqvist (2007)	Michael Smith (2006)	Krauth et al. (2005 a, b)	Gunasekaran et al. (2001)	Bagchi (1996)
Qualité	Qualité du matériel après la livraison (<i>Material quality after delivery</i>)				●			●			
	Commande livrée sans défaut (<i>Orders delivered defect free</i>)	●	●		●						
	Commande livrée sans dommage (<i>Orders delivered damage free</i>)	●	●		●						
	Accident de transport (<i>Transportation accidents</i>)					●					
	Vol de marchandise (<i>Cargo theft</i>)					●					
	Précision de la localisation de la livraison (<i>Delivery location accuracy</i>)				●						
	Réclamation due à la mauvaise qualité (<i>Claims due to quality fails</i>)		●								
Quantité	Précision de la quantité livrée (<i>Delivery quantity accuracy</i>)				●			●			
	Capacité de la flotte (<i>Capacity of the fleet</i>)			●							
	Capacité de chargement par journée/par véhicule (<i>Loading capacity per journey/vehicle</i>)								●		

Tableau 2.1 Synthèse des indicateurs de performance en transport routier (suite)

INDICATEUR DE PERFORMANCE		Auteurs								
		Bowersox et al. (2013)	Garcia et al. (2012)	Schönleben (2011)	SCOR (2010)	Kravokics et al. (2008)	Carlsson et Rönqvist (2007)	Michael Smith (2006)	Krauth et al. (2005 a, b)	Gunasekaran et al. (2001)
Temps	Livraison à temps (<i>On-time delivery</i>)			●	●	●		●		
	Temps de chargement / déchargement (<i>Vehicle loading/unloading time</i>)		●							
	Temps cycle d'une commande (<i>Order to delivery cycle time</i>)								●	
	Amélioration du temps cycle de transport (<i>Transport cycle time improvement</i>)									●
	Temps de livraison sur un marché intérieur/outre-mer (<i>Lead time for domestic/ overseas market</i>)		●							
	Fréquence de livraison (<i>Delivery frequency</i>)								●	
	Réclamation due au retard (<i>Claims due to out of time deliveries</i>)		●							
Coût	Chiffre d'affaires par kilomètre (<i>Turnover per km</i>)							●		
	Profit par livraison (<i>Profit per delivery</i>)							●		
	Réclamation due aux coûts (<i>Claims due to costs</i>)		●							
Distance	Distance à vide économisée avec retour en charge (<i>Empty distance saved with backhaul route</i>)						●			
	Distance parcourue par jour (<i>Distance travelled per day</i>)							●		

Tableau 2.2 Méthode de calcul des différents indicateurs de performance

	INDICATEUR DE PERFORMANCE	MÉTHODE DE CALCUL
Qualité	Qualité du matériel après la livraison (<i>Material quality after delivery</i>)	Commandes avec la qualité des matériaux à l'intérieur des tolérances convenues / total des commandes (%)
	Commande livrée sans défaut (<i>Orders delivered defect free</i>)	[Nombre de commandes livrées sans défaut] / [nombre de commandes livrées] x 100 (%) (%)
	Commande livrée sans dommage (<i>Orders delivered damage free</i>)	[Nombre de commandes livrées sans dommage] / [nombre de commandes livrées] x 100 (%) (%)
	Accident de transport (<i>Transportation accidents</i>)	Σ Nombre d'accidents de transport au cours d'une certaine période de temps (nombre d'accidents)
	Vol de marchandise (<i>Cargo theft</i>)	Σ Nombre de vol pendant le transport au cours d'une certaine période de temps (Nombre de vols)
	Précision de la localisation de la livraison (<i>Delivery location accuracy</i>)	[Nombre de commandes livrées à l'emplacement et la clientèle correcte] / [nombre de commandes livrées] x 100 (%) (%)
	Réclamation due à la mauvaise qualité (<i>Claims due to quality fails</i>)	Σ Nombre de dommages ou pertes réclamés/nombre total de livraisons) x 100 (%)
Quantité	Précision de la quantité livrée (<i>Delivery quantity accuracy</i>)	Nombre de commandes dans lequel toutes les quantités reçues par le client correspondent aux quantités de commandes/nombre de commandes reçues x 100 (%) (%)
	Capacité de la flotte (<i>Capacity of the fleet</i>)	Σ Capacité de chargement par véhicule (kg ou m3)
	Capacité de chargement par journée/par véhicule (<i>Loading capacity per journey/vehicle</i>)	(Σ Capacité de chargement par trajet [ou par véhicule] / capacité totale de chargement par trajet [ou par véhicule utilisé]) x 100 (%)

Tableau 2.2 Méthode de calcul des différents indicateurs de performance (suite)

INDICATEUR DE PERFORMANCE		MÉTHODE DE CALCUL
Temps	Livraison à temps (<i>On-time delivery</i>)	Commande livrée à temps / total des commandes reçues (%)
	Temps de chargement/déchargement (<i>Vehicle loading/unloading time</i>)	Σ (Heure de début - prêt à charger) / nombre total de commandes livrées (heures et minutes)
	Temps cycle d'une commande (<i>Order to delivery cycle time</i>)	Σ (Date de réception par le client - date de commande prêt dans l'entrepôt) / total nombre de livraisons (jours et heures)
	Amélioration du temps cycle de transport (<i>Transport cycle time improvement</i>)	(Temps moyen de cycle sur l'année en cours - temps de cycle moyen sur l'année précédente) x100 (%)
	Temps de livraison sur un marché intérieur/outre-mer (<i>Lead time for domestic/ overseas market</i>)	Σ [Date de réception par le client au niveau national (ou outre-mer) - date de commande prêt dans l'entrepôt] / total nombre de livraisons (jours et heures)
	Fréquence de livraison (<i>Delivery frequency</i>)	Σ Nombres de livraisons (dans une certaine période de temps) (nombre de livraisons)
	Réclamation due au retard (<i>Claims due to out of time deliveries</i>)	(Σ Nombre des réclamations hors date/total nombre de livraisons) x 100 (%)
Coût	Chiffre d'affaires par kilomètre (<i>Turnover per km</i>)	Σ Chiffre d'affaires par trajet/nombre de km du trajet donné (\$/km)
	Profit par livraison (<i>Profit per delivery</i>)	Σ (Tarif de livraison - Les frais de livraison) / nombre total de livraisons (\$/livraison)
	Réclamation due aux coûts (<i>Claims due to costs</i>)	(Σ Nombre de demandes de remboursement / nombre total de livraisons) x 100 (%)
Distance	Distance à vide économisée avec retour en charge (<i>Empty distance saved with backhaul route</i>)	Distance à vide en route directe - distance à vide en retour en charge (km)
	Distance parcourue par jour (<i>Distance travelled per day</i>)	Σ Km parcourus dans un certain laps de temps/nombre de jours (km/jour)

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Ce chapitre est divisé en deux sections. La première section présente la méthodologie suivie dans ce mémoire. Dans la seconde section, un cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif est proposé et chaque étape est expliquée en détail.

3.1. Méthodologie de recherche

La méthodologie de la recherche utilisée dans ce mémoire vise à atteindre les trois objectifs mentionnés à la section 1.2. La figure 3.1 présente les étapes de la méthodologie utilisée. Une revue de littérature sur la collaboration inter-entreprises et sur les indicateurs de performance en transport routier est réalisée. À partir de cette revue de littérature, un cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif est développé. Ce cadre est par la suite appliqué sur un cas d'étude de la collaboration entre deux regroupements d'expéditeurs. Finalement, une analyse et une interprétation des résultats sont effectuées.

Ce cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif peut être généralisable à d'autres compositions de regroupements collaboratifs de transport, soit un regroupement composé exclusivement de transporteurs ou combinant à la fois transporteur(s) et expéditeur(s). Par ailleurs, il existe deux types d'acteurs dans le cadre, soit les organisations expéditrices qui veulent évaluer la faisabilité et les gains/pertes de la mise en place (ou pas) d'une collaboration entre elles, ainsi qu'une organisation tierce qui est responsable d'accompagner les expéditeurs dans la progression d'étape en étape du cadre, et notamment, en assurant la confidentialité des données et prévenant les comportements opportunistes. Par ailleurs, le cadre fait l'hypothèse qu'une pratique logistique collaborative a été déjà ciblée par au moins deux acteurs qui souhaitent entamer la collaboration. Par conséquent, le cadre est un outil qui permet d'évaluer la pertinence de cette pratique choisie.

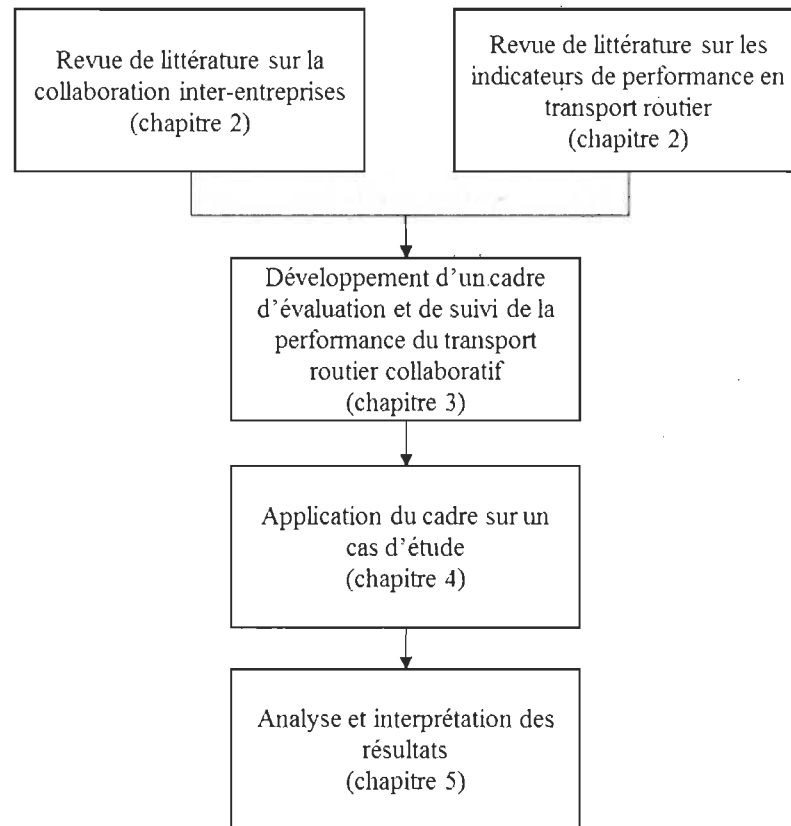


Figure 3.1 Méthodologie de recherche proposée

3.2. Cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif

Le cadre proposé comprend onze principales étapes (figure 3.2). Ces dernières suivent une séquence chronologique avec la présence de boucles d'ajustements. Chacune de ces étapes est présentée dans les sous-sections suivantes.

3.2.1. Étape 1. Choix des indicateurs de performance

Supportée par la synthèse des indicateurs de performance en transport présenté à la section 2.5 de ce mémoire, l'étape 1 consiste à sélectionner un ou préférablement plusieurs (afin de soutenir un arbitrage entre plusieurs objectifs) indicateurs de performance. Cette sélection conjointe entre les organisations sous étude est principalement faite sur la base des préférences et des attentes escomptées d'une collaboration. Une méthode standardisée de calcul pour chacun des indicateurs retenus

doit également être convenue entre les organisations. L'intrant ici est la liste d'indicateurs fournie dans le tableau 2.1, alors que les extrants sont les indicateurs choisis.

3.2.2. Étape 2. Obtention des données historiques

L'étape 2 consiste à collecter les données historiques sur les activités de transport des organisations. Les principaux critères dictant l'étendue de l'horizon de temps sont la disponibilité et l'exactitude des données chez l'ensemble des organisations sous étude ainsi que la représentativité des activités de transport réalisées durant cette période par rapport aux activités présentes et anticipées.

Il existe deux types de données, soit les données essentielles à la poursuite du cadre proposé (à titre d'exemple, pour la pratique logistique des retours en charge, il faut, pour chaque livraison, l'origine, la destination, la quantité livrée et le type de matériel transporté et, dans un contexte de flotte hétérogène, la compatibilité entre chaque type de camion et type de matériel). Ainsi que les données à valeur ajoutée qui servent à bonifier l'étendue et le niveau de détail des travaux, telles que la date de la livraison, la période de temps durant laquelle la livraison aurait pu être réalisée, le transporteur ayant réalisé la livraison, etc.

L'étape 2 est réalisée par l'organisation tierce. Si les données historiques ne fournissent pas les informations pour calculer l'ensemble des indicateurs choisis, il faut revoir la sélection des indicateurs de performance afin de l'adapter aux données disponibles.

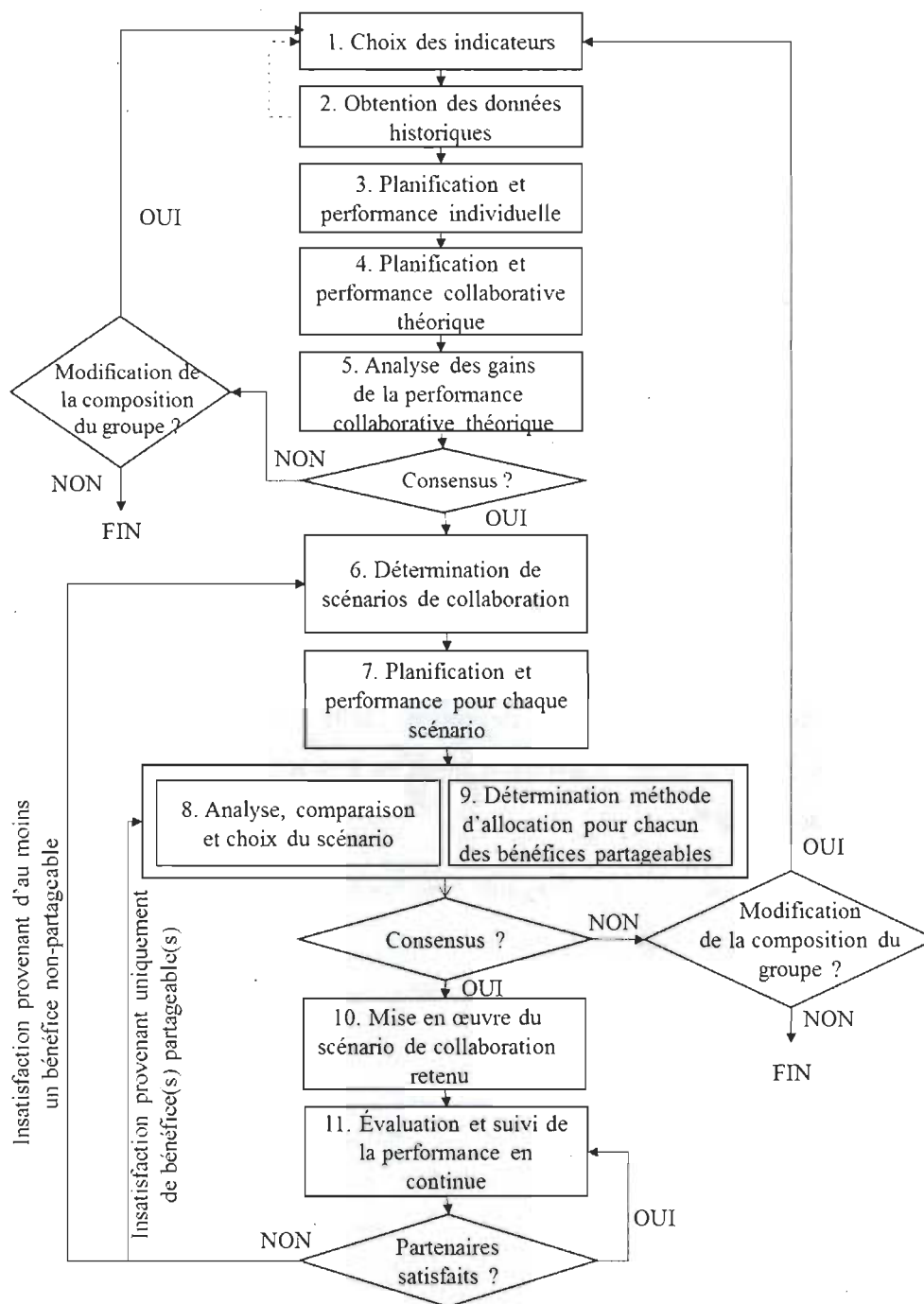


Figure 3.2 Cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif

3.2.3. Étape 3. Planification et performance individuelle

Sur la base des données historiques obtenues à l'étape précédente, l'étape 3 porte sur la planification des retours en charges au niveau de chaque organisation et elle est réalisée par l'organisation tierce. Le premier volet est l'analyse des données historiques afin de dresser un portrait du contexte de transport de chaque organisation à l'aide de diverses statistiques, du recours à la loi de Pareto et de représentations spatiales des flux. Le calcul de la moyenne est utilisé pour établir la moyenne de livraison par jour, semaine ou mois afin d'évaluer la capacité de transport requise et d'identifier les saisonnalités/fluctuations. Un exercice de classification selon la loi de Pareto permet, à titre d'exemple, de ressortir les principaux fournisseurs (origines), clients (destinations) et produits transportés pour lesquels les prévisions de flux de transport seront généralement plus aisées dans l'opérationnalisation de la collaboration, particulièrement s'il existe des ententes sur le volume à livrer dans une certaine période. Un support visuel des flux de transport aidera principalement à valider l'emplacement réel de chaque site et à identifier sommairement les axes majeurs de transport où des retours en charge pourraient avoir lieu.

Le deuxième volet de l'étape 3 concerne la planification des retours en charge sans collaboration (c'est-à-dire uniquement sur les flux internes d'une organisation) où la taille des instances de problème à résoudre rend pratiquement essentiel le recours à un modèle d'optimisation (tels ceux proposés par Eriksson et Rönnqvist, 2003, Palander et Väättäin, 2005 ou Carlsson et Rönnqvist, 2007). Cette planification sera répétée pour chacune des organisations sous étude individuellement (plan individuel). Cette étape inclut également une évaluation de la performance individuelle de chaque organisation. Plus spécifiquement, elle permet de connaître l'état actuel de la performance de chaque organisation et d'avoir des valeurs d'indicateurs de la performance de base à comparer une fois la collaboration mise en place. Les indicateurs de performances choisis à l'étape 1 seront calculés pour chacune des organisations sous étude en se basant sur le plan individuel de l'organisation.

3.2.4. Étape 4. Planification et performance collaborative théorique

À cette étape, on considère toutes les organisations comme faisant partie d'une unique et même organisation fictive. L'objectif est d'évaluer la performance maximale (borne supérieure théorique) qu'une collaboration peut offrir sans aucune restriction (c'est-à-dire, sans prendre en considération les problèmes de partage d'information, d'allocation des bénéfices et de trouver des partenaires fiables pour diriger la coopération). Ainsi, les tâches de l'étape 3 (c'est-à-dire, l'analyse des données, la planification des retours en charge et l'évaluation de la performance) sont réalisées de nouveau, mais cette fois en regroupant les données historiques de toutes les organisations. Ainsi, une seule planification sera nécessaire (plan conjoint). L'évaluation de la performance collaborative est réalisée en calculant les mêmes indicateurs de performance que ceux sélectionnés à l'étape 1. L'évaluation de la performance au niveau du groupe permet de connaître la performance globale alors que l'évaluation de la performance au niveau individuel permet de connaître les gains qu'une entreprise acquière grâce à cette collaboration. Cette étape est réalisée par l'organisation tierce.

3.2.5. Étape 5. Analyse des gains de la performance collaborative théorique

Cette étape comprend la comparaison des indicateurs mesurés dans le plan conjoint (étape 4) à ceux mesurés dans l'ensemble des plans individuels (étape 3). L'étape 3 permettait en effet d'estimer la performance individuelle de chaque organisation alors que l'étape 4 permettait d'estimer la performance maximale théorique pouvant être obtenue grâce à une collaboration sans aucune restriction. À la fin de cette étape, les organisations doivent décider s'il y a un intérêt à collaborer avec le groupe actuel et ainsi poursuivre le cadre à la prochaine étape. Si la pertinence de collaborer est jugée insuffisante, les organisations doivent envisager de revoir la composition du groupe actuel (c'est-à-dire le retrait et/ou l'ajout d'organisation), afin d'espérer qu'une nouvelle composition du groupe donne une conclusion favorable aux étapes 1 à 5.

3.2.6. Étape 6. Détermination des scénarios de collaboration

L'étape 6 consiste à déterminer des scénarios d'opérationnalisation d'une collaboration qui sont envisageables en pratique par les organisations, alors que la collaboration théorique planifiée à l'étape 5 faisait abstraction de toute restriction. Ainsi, les scénarios suivront un continuum croissant d'intensité et de complexité dans le degré de collaboration entre les organisations.

3.2.7. Étape 7. Planification et évaluation de la performance pour chaque scénario

L'étape 7 est effectuée par l'organisation tierce et consiste à planifier chaque scénario retenu à l'étape précédente. Puis, une évaluation de la performance de chaque scénario est calculée avec les indicateurs choisis dans l'étape 1, de la même manière qu'aux étapes 3 et 4, mais cette fois-ci avec des scénarios de collaboration réels.

3.2.8. Étape 8. Analyse, comparaison et choix du scénario

L'étape 8 consiste à choisir l'un des scénarios développés à l'étape 6, et planifiés et évalués à l'étape 7. L'étude des indicateurs de performances dans chacun des scénarios pouvant être mis en place permet de soutenir les organisations dans le choix du scénario de collaboration à privilégier collectivement (à titre d'exemple, celui avec le meilleur rapport entre l'effort de collaboration requis et les bénéfices escomptés). Un niveau minimum de performance collective sur chacun des indicateurs est également conjointement déterminé par les organisations à cette étape. Chaque organisation est également invitée à fixer ses propres niveaux de performance individuelle.

3.2.9. Étape 9. Détermination de la méthode d'allocation pour chacun des bénéfices partageables

En parallèle avec l'étape 8, les organisations doivent déterminer les méthodes d'allocation pour chacun des bénéfices partageables. Il se peut qu'au niveau individuel, la collaboration ne soit pas toujours bénéfique pour une entreprise sur un ou plusieurs indicateurs. En effet, les bénéfices d'une collaboration sont classés en deux grandes catégories : qualitative et quantitative. Bien que les bénéfices qualitatifs ne puissent généralement pas être partagés entre les entités, les avantages quantitatifs peuvent parfois

être partagés (à titre d'exemple la réduction des coûts) et parfois non (à titre d'exemple la réduction du délai de livraison). Par ailleurs, les bénéfices obtenus par chaque entité peuvent différer. Par conséquent, il est nécessaire d'utiliser des méthodes qui garantissent que les avantages obtenus par chaque entité rendent la collaboration acceptable pour tous. Des méthodes basées sur la théorie des jeux coopératifs sont présentées par Frisk et al. (2010), Vanovermeire et al. (2014) et Guajardo et Rönnqvist (2016) dans un contexte de transport collaboratif. À la fin de cette étape, il se peut qu'une ou plusieurs organisations ne soient pas d'accord avec la méthode d'attribution des bénéfices. Dans ce cas, il est peut-être plus adéquat d'étudier la possibilité d'ajouter une ou plusieurs organisations ou bien de continuer en sous-groupe selon les préférences. Si aucun des cas cités ne convient, le cadre prend fin à cet instant.

3.2.10. Étape 10. Mise en œuvre du scénario de collaboration retenu

L'étape 10 consiste à la mise en œuvre du scénario choisi et à faire une mise à jour en continu des données sur les activités de transport. Plus spécifiquement, une mise à jour des données en intrant à la planification lors de l'opérationnalisation et des données sur les transports exécutés est réalisée, afin de détecter les écarts potentiels.

3.2.11. Étape 11. Évaluation et suivi de la performance en continu

À l'étape 11, les données obtenues à l'étape précédente permettent à l'organisation tierce de faire un suivi de la performance collective et individuelle. Si la performance collective de la collaboration satisfait toutes les entreprises impliquées, ces dernières s'engagent à poursuivre la collaboration selon le scénario choisi et implanté. Dans le cas contraire d'une performance collective en deçà des niveaux entendus, un ajustement selon la source du conflit est requis. Spécifiquement, si le conflit provient d'au moins un bénéfice non partageable, une modification à la planification du scénario de collaboration sera requise et ce nouveau plan conjoint demandera une mise à jour à partir de l'étape 6. Si le conflit provient uniquement d'un ou plusieurs bénéfices partageables, une modification à la méthode d'allocation de ceux-ci (étape 8) doit généralement permettre de rectifier l'insatisfaction. Le cas d'une performance individuelle en deçà des niveaux définis par

l'organisation elle-même doit permettre à cette dernière de communiquer aux autres organisations son insatisfaction. Un retour à l'étape 6 est envisageable suite à un accord commun entre les organisations.

CHAPITRE 4 RÉSULTATS

Ce chapitre du mémoire présente l'application du cadre proposé à un cas d'étude de collaboration en transport entre deux regroupements de producteurs forestiers, soit le Syndicat des Propriétaires Forestiers de la Région de Québec (SPFRQ) et le Syndicat des Producteurs Forestiers du sud de Québec (SPFSQ). Cette partie du mémoire est divisée en deux sections. Une première section présente le cas d'étude, alors que la seconde détaille l'application du cadre proposé sur le cas et présente les résultats obtenus.

4.1. Description du cas d'étude

Le cadre présenté dans le chapitre 3 est appliqué à un cas réel de collaboration en transport entre deux regroupements de producteurs forestiers œuvrant au Québec, soit le SPFRQ et SPFSQ. Les deux regroupements sont notamment responsables de la vente et de la mise en marché de volume de bois issus de la production des milliers de producteurs forestiers membres. En ce qui a trait aux territoires gérés par les deux regroupements de producteurs forestiers, celui du SPFRQ s'étend autour de la ville de Québec, de part et d'autre du fleuve Saint-Laurent. Ce vaste territoire de plus d'un million d'hectares est divisé en neuf secteurs : Mégantic, Lotbinière, Portneuf, Lévis, Bellechasse, Québec, Montmorency, Charlevoix et une partie de la Côte-Nord. Pour sa part, le territoire du SPFSQ couvre les régions du Granit, des Sources, du Haut-Saint-François, du Val-Saint-François, de la Montérégie et de Sherbrooke.

Le tableau 4.1 présente des informations supplémentaires sur les deux organisations. Les informations ont été colligées à partir des sites internet officiels des organisations et des données sur les flux de transport en 2015 qui ont été utilisées dans le cadre des travaux.

Tableau 4.1 Informations sur les deux organisations

	SPFRQ	SPFSQ
Nombre de producteurs	14 500	11 860
Nombre d'entreprises de transport	22	35
Nombre de municipalités d'origine	177	171
Nombre d'usines de destination	65	49
Nombre de livraisons effectuées	20 062	20 811
Vente en M\$	37,6	34,5

Les deux regroupements ont un rôle de liaison entre les producteurs forestiers et les transporteurs. Plus spécifiquement, une fois que le bois est disponible pour la cueillette au bord de la route, le producteur informe le syndicat ou directement le transporteur que la livraison est prête. Le syndicat donne alors l'autorisation d'effectuer le transport. Si aucun transporteur n'est jumelé à ce propriétaire, le syndicat lui attribue un transporteur de sa région en fonction des volumes déjà attribués, dans le but d'être le plus équitables possible pour les transporteurs. Le producteur de bois peut exiger de faire affaire avec un transporteur en particulier. Dans ce cas, le propriétaire travaillera avec celui-ci généralement pour le reste de l'année.

Habituellement, la plupart des chargements partent directement de la forêt vers les usines. Cependant, il se peut que les transporteurs utilisent des cours à bois (site d'entreposage temporaire) pour entreposer les volumes excédentaires de chaque propriétaire. Une fois que la quantité de bois accumulée est suffisante pour un voyage en charge pleine, le

transporteur réalise la livraison. Ceci étant dit, diverses contraintes peuvent faire en sorte qu'un transporteur réalise un voyage en charge partielle.

Il existe aussi des producteurs-transporteurs, c'est-à-dire un producteur de bois qui possède ses propres camions de livraison. Ces producteurs peuvent effectuer leurs propres livraisons même s'ils ne font pas partie des entreprises de transport avec lesquels le syndicat concerné fait affaire. Ils doivent cependant suivre le même processus pour l'obtention des autorisations.

Mais au-delà des processus de transport en place chez les deux organisations, elles cherchent à améliorer l'efficacité de la livraison des produits du bois afin de réduire les coûts et la collaboration est une avenue envisagée. En effet, les deux organisations ont procédé à une libéralisation des territoires d'exclusivité à des transporteurs afin que tous les transporteurs puissent faire une cueillette sans égard de la localisation de l'origine dans les territoires des deux organisations.

Une spécificité de l'industrie forestière est la flexibilité dans les moments de cueillette des produits récoltés. En effet, cette industrie n'opère pas dans une gestion en juste à temps, car pour faire face aux diverses sources d'incertitudes intrinsèques à l'approvisionnement forestier, les acteurs ont recours à des quantités importantes d'inventaires aux origines (forêt et cours de transit) et aux destinations (usines). Il est donc possible d'effectuer les transports sur un horizon de temps allongé, allant jusqu'à plusieurs semaines après la mise en disponibilité.

4.2. Application du cadre proposé et présentation des résultats

Une fois le cas d'étude présenté, cette seconde partie se focalise sur l'application du cadre proposé. En effet, chaque étape du cadre présenté dans la figure 3.2 est détaillée dans cette section.

4.2.1. Étape 1. Choix d'indicateur de performance

Supportée par la synthèse des indicateurs de performance en transport présenté précédemment au tableau 2.1, l'étape 1 du cadre consiste à sélectionner les indicateurs de

performance. Cette sélection a été faite de manière conjointe, après des discussions avec les deux organisations. Ici, deux indicateurs de performance ont été choisis, soit la Distance à vide économisée avec un retour en charge et l'économie en pourcentage. Le premier indicateur de performance appartient à la catégorie Distance du tableau 2.1. Le second indicateur est exprimé en pourcentage et indique les économies de distance réalisées avec un retour en charge. La première équation utilisée est celle proposée par Carlsson et Rönnqvist (2007) pour calculer l'indicateur de distance à vide économisée avec un retour en charge. La seconde équation utilisée permet de calculer l'économie en pourcentage apporté par un retour en charge. Les deux formules sont présentées ci-dessous :

- Distance à vide économisée avec un retour en charge = Distances à vide en route directe - Distances à vide en retour en charge
- Économie en pourcentage = Distance à vide économisée avec un retour en charge / Distance parcourue en route directe

Afin de calculer ces indicateurs, on commence par calculer le pourcentage d'économie que cette route offre. La figure 4.1 illustre un exemple de routes qui peuvent être sélectionnées, soit une route de 50 km (entre S1 et D1) et une route de 100 km (entre S2 et D2). Dans ce cas, la distance totale à vide parcourue en routes directes est de 150 km, soit la somme des distances à vides entre D1 et S1 (50 km) et entre D2 et S2 (100 km). Alors que la distance à vide parcourue avec l'utilisation des retours en charge est de 30 km, soit la somme des distances à vides entre D1 et S2 (10 km) et entre D2 et S1 (20 km). La soustraction de ces deux distances offre la distance à vide économisée avec un retour en charge, soit une distance de 120 km. Par conséquent, l'utilisation des retours en charge dans cet exemple a permis d'apporter une économie de 40 %.

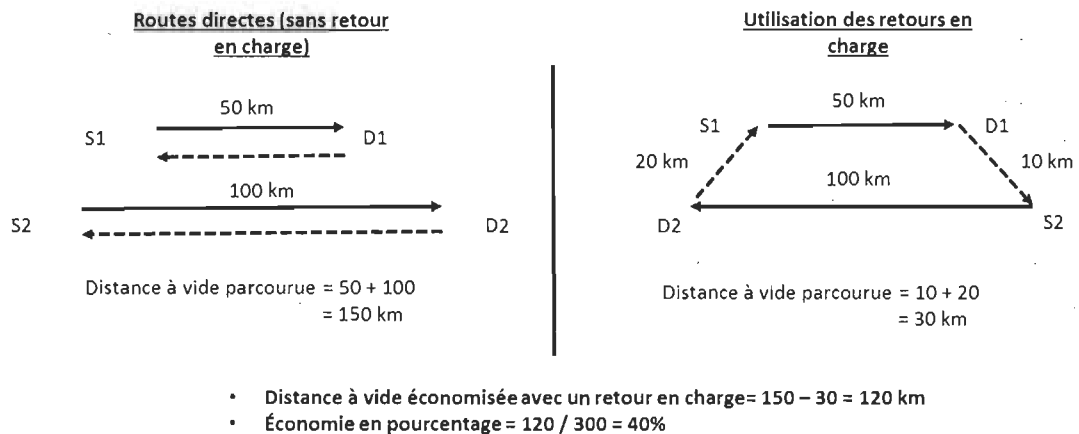


Figure 4.1 Exemple de calcul des deux indicateurs

En raison de la présence d'une capacité maximale de chargement par camion, soit 60 m³ apparents, et vu la présence de plusieurs livraisons effectuées avec des charges partielles dans les données historiques disponibles, l'équation proposée par Carlsson et Rönnqvist (2007) a été adaptée en introduisant la contrainte de la capacité de chargement. La proportion du volume réel de chargement et le volume maximal du chargement permet d'estimer le nombre de camions qui ont effectué une livraison. La nouvelle équation utilisée pour calculer la distance à vide pondérée économisée avec un retour en charge est la suivante :

- Distance à vide pondérée économisée avec un retour en charge = $(\sum \text{distance parcourue en routes directes} * (\text{volume réel du chargement} / \text{volume maximal du chargement})) - (\sum \text{distance parcourue en retour en charge}) * (\text{volume réel du chargement} / \text{volume maximal du chargement})$

La figure 4.2 donne un exemple expliquant comment cet indicateur est calculé pour le cas de routes directes et d'une route avec retours en charge, en utilisant des camions à charges pleines (60 m³ apparents). Ici, la distance parcourue en routes directes est de 500 km, alors que celle parcourue en retours en charge est de 380 km. La soustraction des deux distances parcourues donne une distance à vide pondérée économisée avec un retour en charge de 120 km, soit 24 % d'économies.

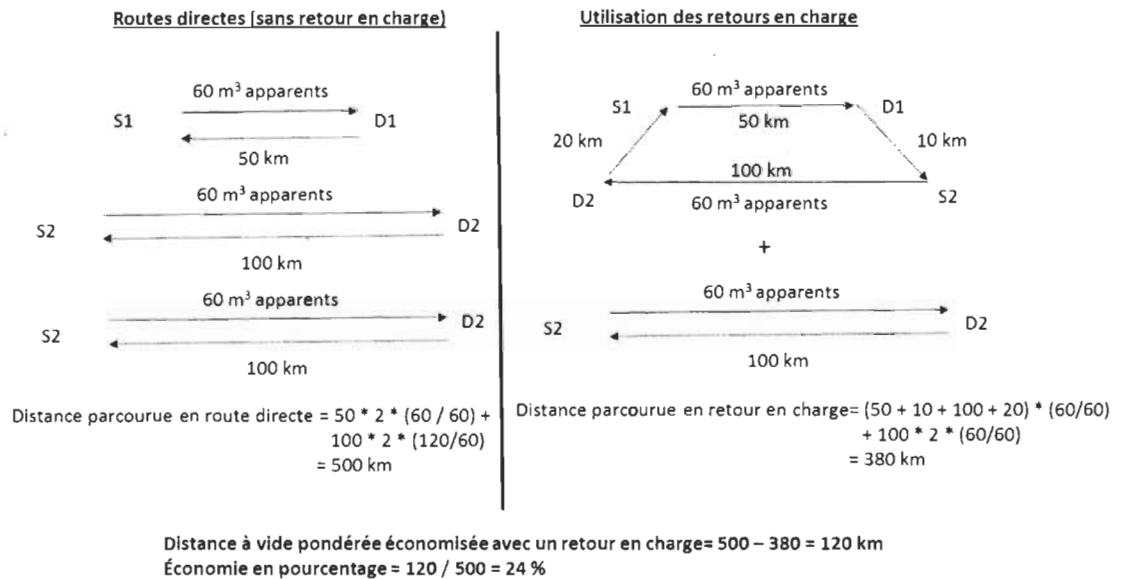


Figure 4.2 Exemple de calcul de la distance pondérée avec des charges complètes

Maintenant que la méthode de calcul des distances pondérées est présentée, la figure 4.3 illustre le calcul de la distance à vide pondérée économisée avec un retour en charge, mais cette fois avec des charges partielles de livraison. On suppose ici que la première route est livrée avec une charge de 15 m^3 apparents (soit 25 % du volume maximal de chargement d'un camion), alors que dans la seconde route, le volume de livraison est de 120 m^3 apparents (soit deux livraisons à 100 % de la capacité). La distance parcourue en routes directes est de 425 km dans cet exemple, alors que la distance parcourue en retours en charge est de 395 km. La différence des deux distances donne une distance à vide pondérée avec retour en charge de 30 km, soit 7,1 % d'économies.

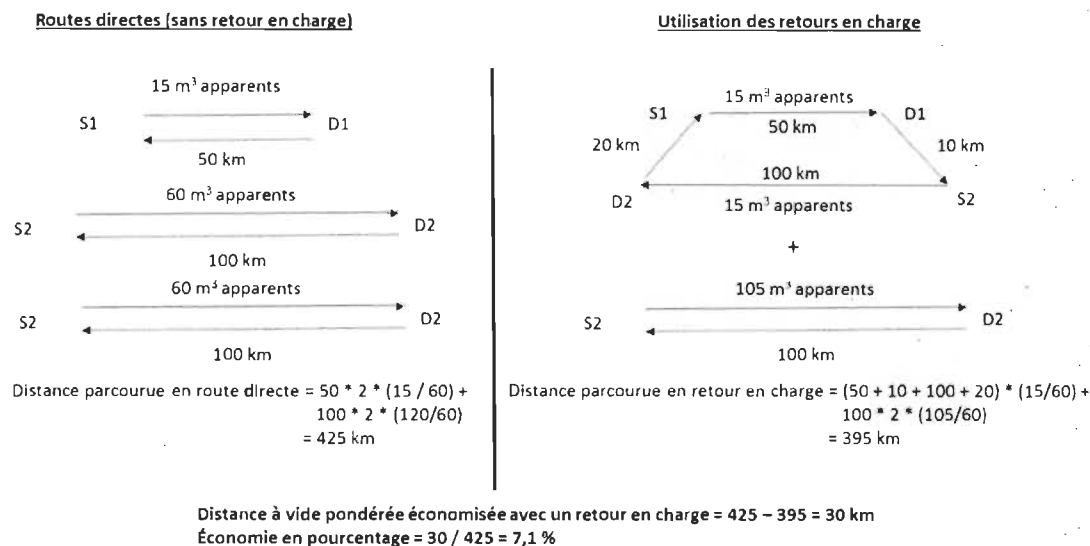


Figure 4.3 Exemple de calcul de la distance pondérée avec des charges partielles

4.2.2. Étape 2. Obtention et traitement des données historiques

Après avoir choisi l'indicateur avec lequel la performance va être mesurée, l'étape qui suit est le traitement et l'analyse des données historiques des activités de transport de chacune des deux organisations. Selon les données partagées par les deux organisations, celles-ci coordonnent environ 20 000 livraisons par année. Pour chaque livraison, les informations consignées sont la date de cette livraison, l'origine, la destination, le type de bois, le transporteur, le volume net de livraison en mètre cube apparent et le nom du producteur de bois de cette livraison. En raison de la difficulté de l'obtention du lieu exact du départ de chaque livraison (le bois est cueilli directement en forêt), la municipalité où le voyage a été cueilli est l'information la plus fiable qui est disponible dans les données historiques de chacune des deux organisations. Le centroïde de la municipalité est donc choisi comme le point de cueillette de chacun des voyages provenant de la municipalité.

Un travail de conversion a été réalisé sur la base de données du SPFSQ. En effet, leur base de données comportait des unités de mesure différentes selon le type de bois. Par conséquent, dans le but d'avoir une seule unité de mesure, tous les volumes ont été convertis au m³ apparent (unité de mesure de volume apparent qui prend en considération

les espaces vides entre les billes). Les différents types d'unités de mesure de bois avec leurs facteurs de conversion en m³ apparents sont présentés à l'annexe 1.

Une fois le tri des données effectué, le second volet de cette étape est l'analyse des données des deux organisations. Plusieurs opérations ont été réalisées afin de dégager divers constats sur le contexte de transport et ainsi orienter la suite des développements. Premièrement, il est possible de vérifier la présence d'une instabilité hebdomadaire ou mensuelle dans les livraisons (compilation du volume annuel transporté par jour ou semaine) ou d'une saisonnalité (compilation du volume annuel transporté par mois). Un exercice sur le volume de livraison hebdomadaire des deux organisations a été effectué. Ce travail a permis de constater une stabilité des volumes de livraisons hebdomadaires (en faisant abstraction du bois non contingenté où la date exacte de livraison n'est pas connue)

Un phénomène observé est une saisonnalité marquée des activités de transport, comme illustré dans les figures 4.4 et 4.5. D'abord, on remarque des volumes de livraisons très élevés de janvier à mars, suivi d'une forte diminution en avril et mai. Puis, peu à peu, les volumes augmentent à nouveau. Ceci est expliqué par des contraintes opérationnelles en approvisionnement forestier. En effet, ce secteur connaît une diminution importante des activités de transport pendant la période de dégel, notamment car une partie du réseau routier forestier devient impraticable.

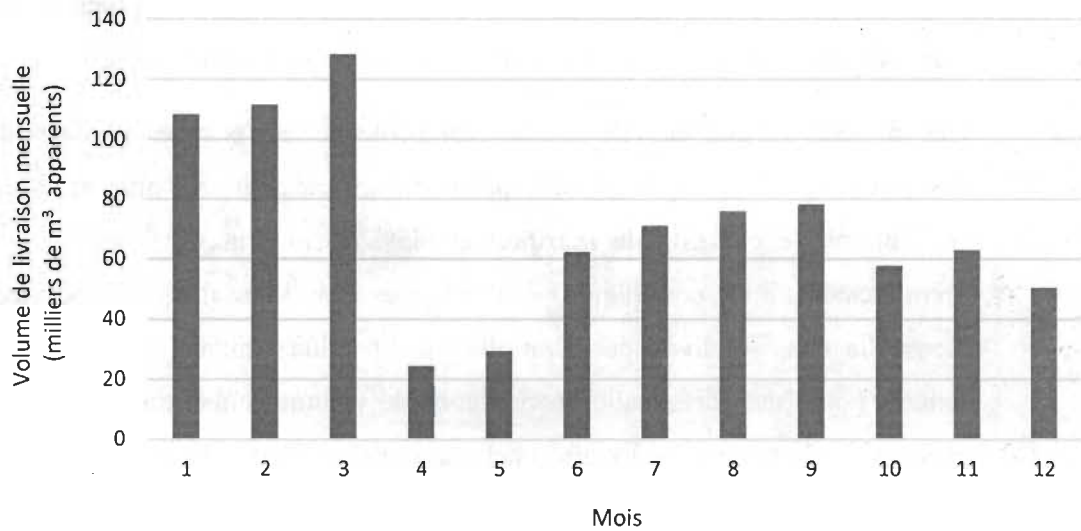


Figure 4.4 Présence d'une saisonnalité marquée dans les volumes de livraison mensuelle du SPFSQ.

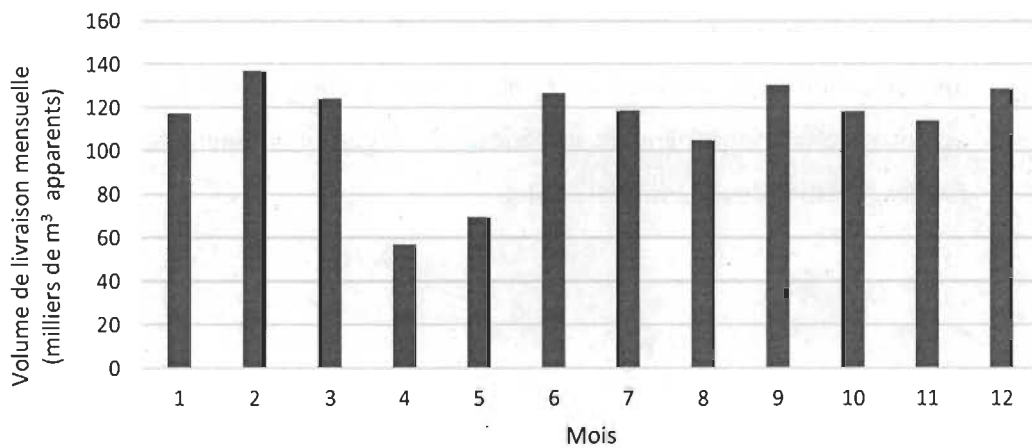


Figure 4.5 Présence d'une saisonnalité marquée dans les volumes de livraison mensuelle du SPFRQ.

Deuxièmement, l'identification des principales zones de départ (compilation du volume annuel transporté à partir d'une municipalité) et de fin (compilation du volume annuel transporté vers une usine ou une ville lors de la présence de plusieurs usines voisines) des

livraisons, ainsi que des axes majeurs de transport (compilation du volume annuel transporté d'une municipalité vers une usine/ville) a été faite. Combiné à l'application de la loi de Pareto, ceci a permis de constater qu'environ 20 % des usines, soit 5 entreprises, reçoivent près de 80 % des volumes livrés du SPFSQ (voir figure 4.6) et que moins de 20 % des usines, soit 10 entreprises, reçoivent près de 80 % des volumes livrés du SPFRQ (voir figure 4.7). Cette concentration a comme conséquence de créer un réseau de distribution avec des flux de transport orientés vers la satisfaction d'un nombre limité de site par rapport à un réseau avec des flux davantage dispersés à l'échelle du territoire.

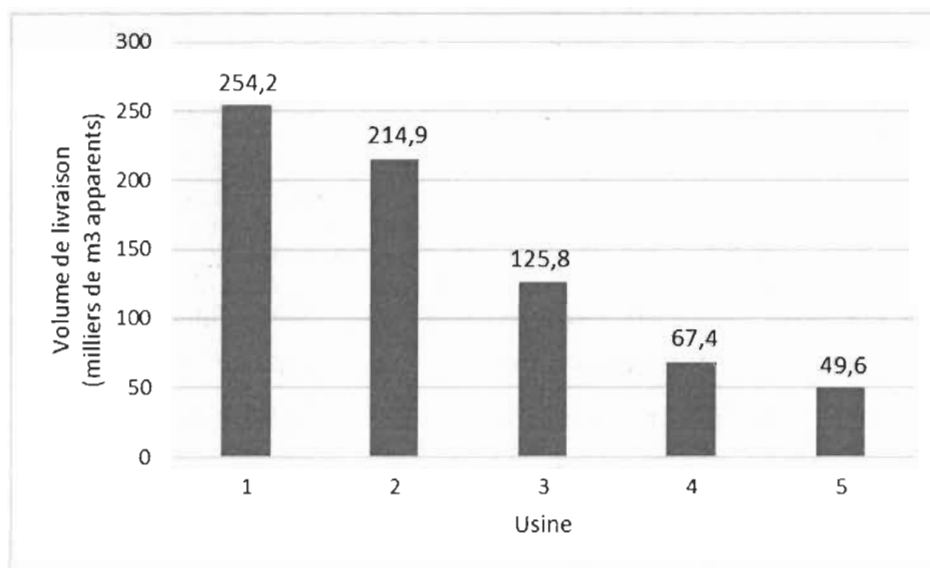


Figure 4.6 Près de 15 % des destinations reçoivent près de 80 % des livraisons du SPFSQ

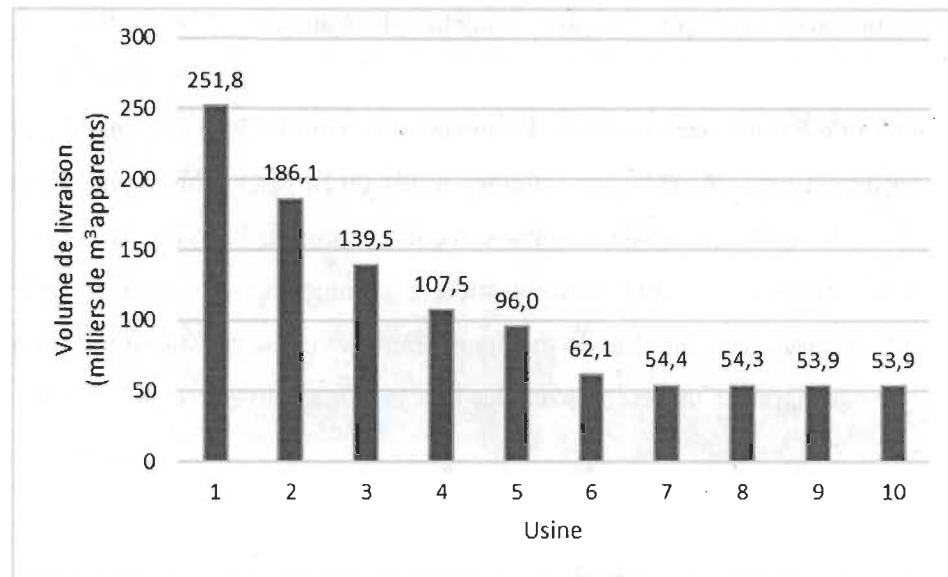


Figure 4.7 Près de 20 % des destinations reçoivent près de 80 % des livraisons du SPFRQ

Afin d'avoir une idée sommaire sur la localisation des sites et les flux entrants et sortants, une carte géographique des flux de transport des deux organisations a été réalisée. Notons qu'il existe divers systèmes d'information géographique pour fin de présentation spatiale. Dans le cadre de ces travaux, le logiciel QGIS 2.16.0 a été utilisé. La visualisation spatiale globale des flux de transport agrégés a notamment permis d'effectuer une identification sommaire de quelques axes de transport propices aux retours en charge, bien que ce potentiel doit être évalué exhaustivement lors de la planification basée sur un modèle de programmation mathématique. Par ailleurs, les figures 4.8 et 4.9 illustrent les localisations des sites (clients et fournisseurs) des deux organisations. Sur les deux figures, les municipalités (origines) sont représentées sous la forme de cercle noir, alors que les usines (destinations) sont représentées sous la forme de triangle blanc. La visualisation géographique des sites des deux organisations ensemble a mis en lumière le potentiel des retours en charge possibles en cas de collaboration des deux organisations. En effet, il existe quelques sites de chacune des organisations situées dans le territoire de l'autre. Ce potentiel va être étudié lors de l'application du modèle mathématique sur les activités de transport des instances.

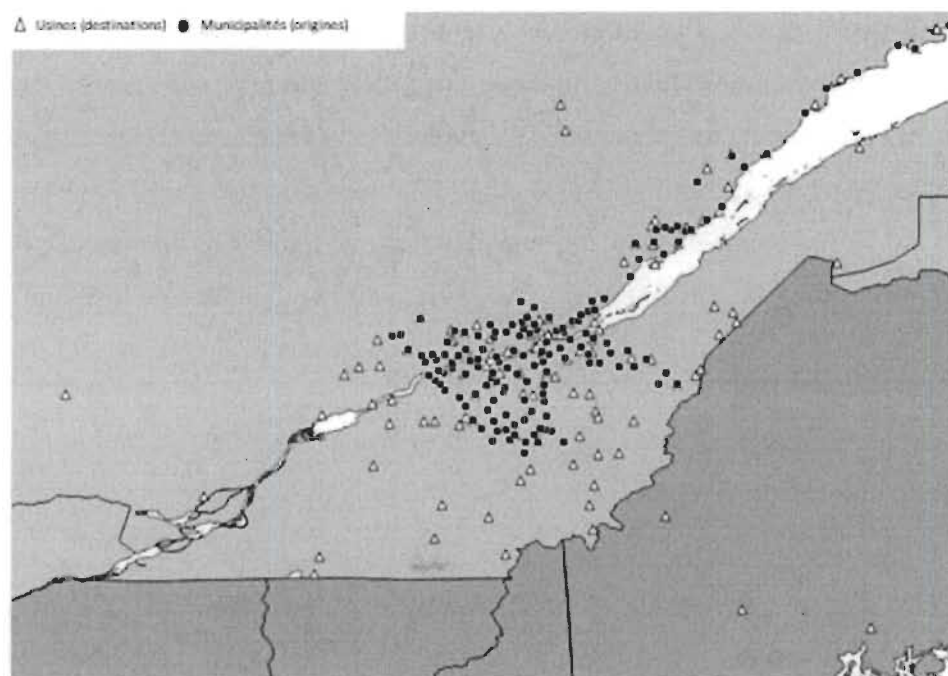


Figure 4.8 Localisation des sites du SPFRQ

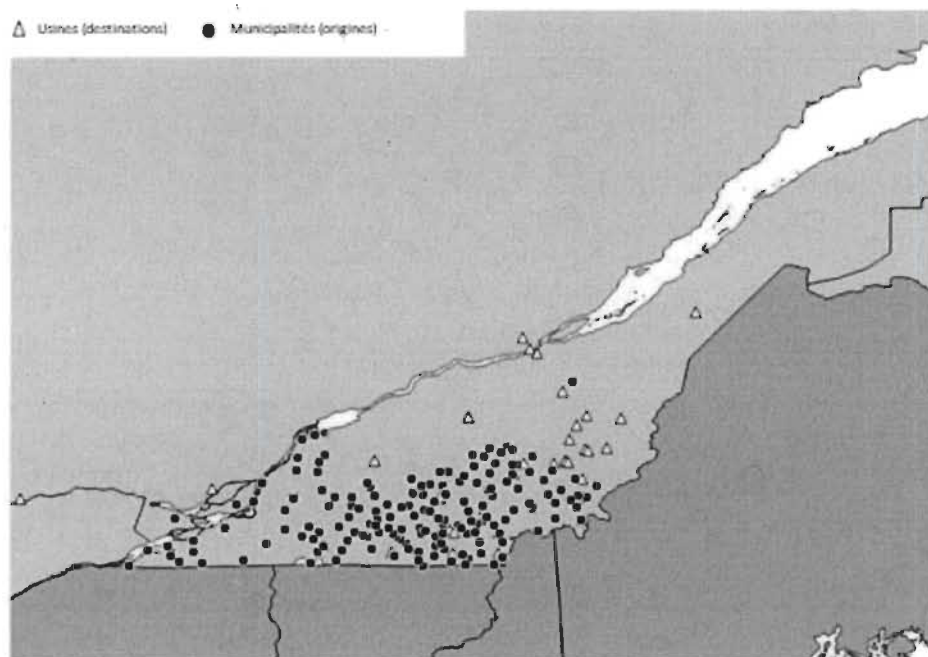


Figure 4.9 Localisation des sites du SPFSQ

Troisièmement, l'identification des principaux fournisseurs (compilation du volume annuel par producteur), combinée à une segmentation de ces derniers, permet d'identifier les producteurs fournissant 80 % du volume de livraison de chaque organisation. En effet, la figure 4.10 montre que près de 10 % des producteurs du SPFSQ fournissent environ 80 % du volume de livraison annuel. Alors que figure 4.11 montre que près de 3,5 % des producteurs du SPFRQ produisent environ 80 % du volume de livraison annuel.

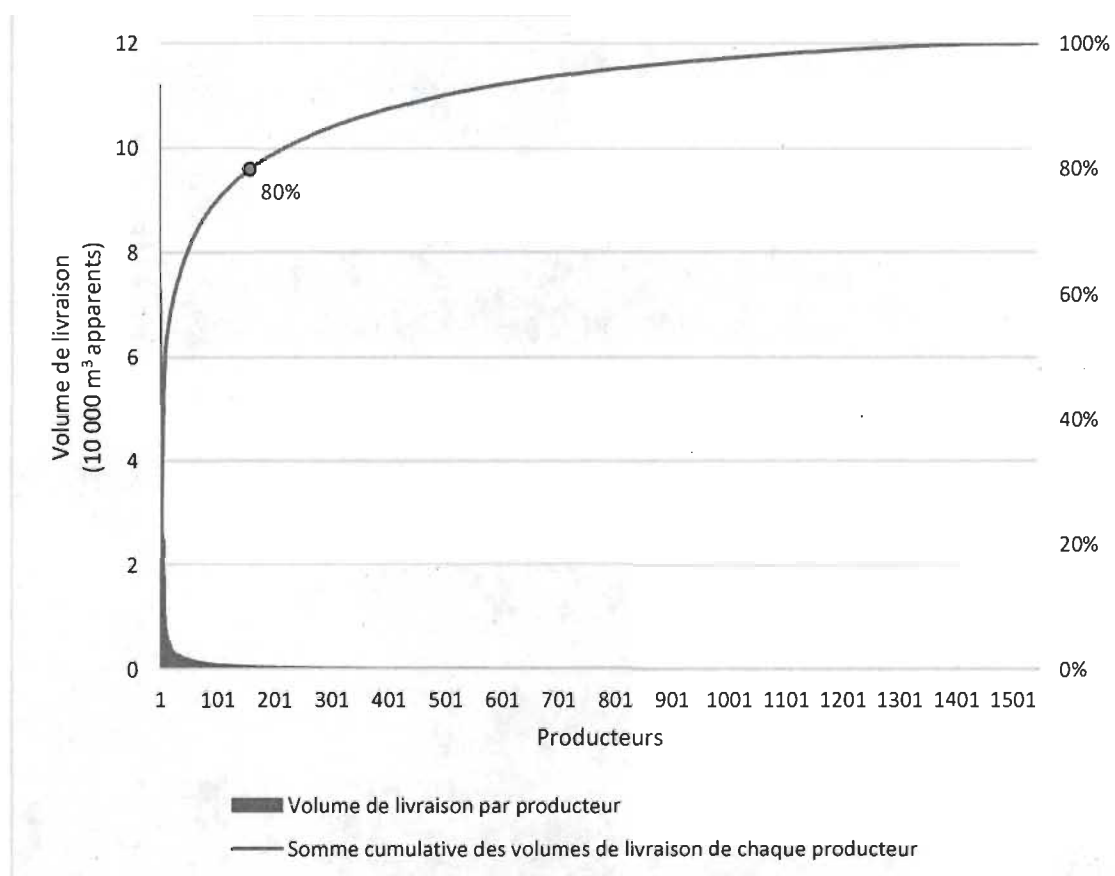


Figure 4.10 Environ 158 producteurs (près de 10 %) fournissent 80 % du volume de livraison du SPFSQ

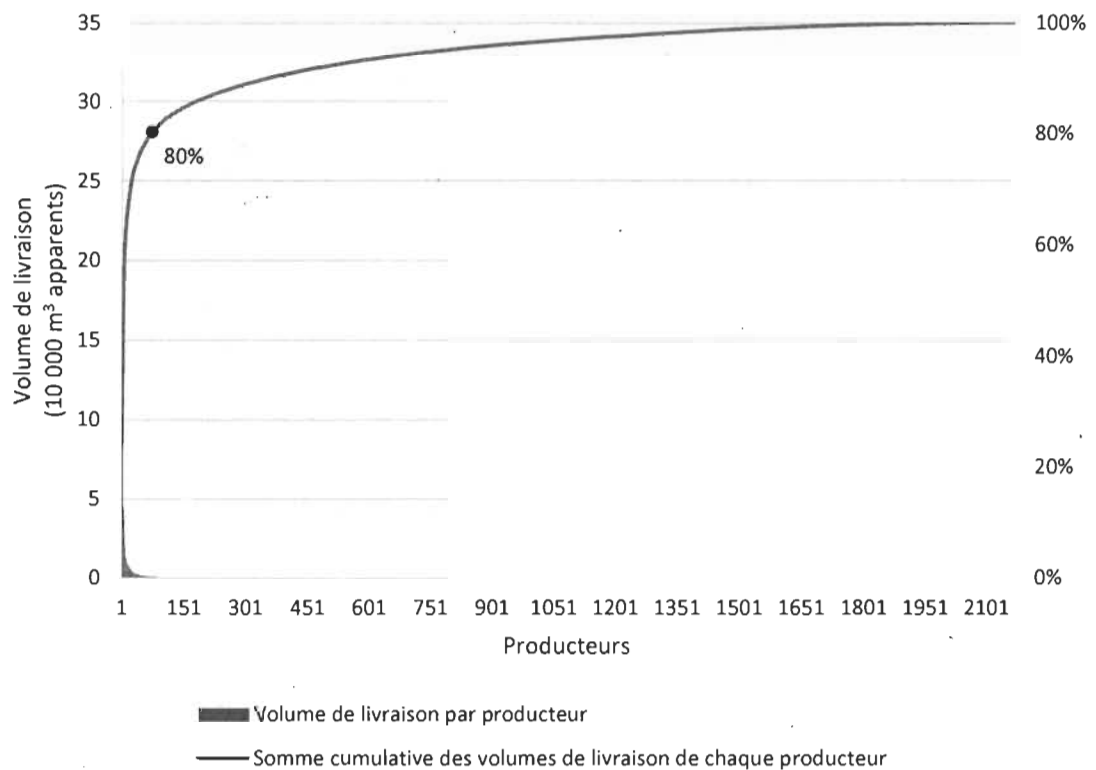


Figure 4.11 Environ 72 producteurs (près de 3,5 %) fournissent 80 % du volume de livraison du SPFRQ

4.2.3. Étape 3. Planification et évaluation de la performance individuelle

Dans cette étape, le modèle de planification des flux de transport et la méthode d'évaluation des plans de transport sont présentés. Par la suite, sur la base des données historiques obtenues à l'étape précédente, l'évaluation de la performance sans retour en charge est réalisée. Finalement, la planification et l'évaluation de la performance avec retours en charge est effectuée. L'étape 3 est réalisée par l'organisation tierce.

4.2.3.1. *Modèle de planification des flux de transport*

L'objectif de cette étape est de connaître le potentiel maximum que peut atteindre chaque organisation sans avoir recours à la collaboration. Le modèle utilisé pour la planification des flux de transport avec retours en charge est une version bonifiée du modèle proposé par Carlsson et Rönnqvist (2007). En effet, deux contraintes additionnelles lors de la

génération de l'ensemble des routes potentielles à sélectionner ont été ajoutées, soit la contrainte de la durée maximale d'un retour en charge et la contrainte du gain minimum apporté par un retour en charge. Le modèle a été programmé par un étudiant à la maîtrise de l'Université Laval à l'aide du logiciel Python et la résolution a été réalisée avec AMPL.

À partir des données, le modèle calcule tout d'abord la distance entre chaque paire de sites. Il génère alors tous les itinéraires possibles (routes directes et route avec retour en charge). Pour chaque route directe, l'itinéraire commence à un point d'approvisionnement, visite le point de demande correspondant et retourne au point d'approvisionnement d'origine. Il est à noter que le type de produit au point d'offre et de demande doit correspondre à chaque itinéraire généré.

Pour les itinéraires avec des retours en charge, un itinéraire commence à un premier point d'approvisionnement, visite le point de demande correspondant, visite un deuxième point d'approvisionnement, visite le deuxième point de demande et retourne au point d'approvisionnement d'origine. Pour chaque itinéraire le coût de transport est calculé.

Par ailleurs, trois fichiers Excel constituent les données intrants du modèle : Le fichier *Demand*, *Supply* et *Distance*. Le fichier *Demand* comprend la liste de toutes les usines ayant reçu du bois de l'une des deux organisations durant la période souhaitée. Ce fichier est constitué de cinq colonnes, soit la colonne *Demand* qui représente le nom du client, les colonnes longitude et latitude qui représentent les coordonnées géographiques du client, la colonne *Sup-dem* qui correspond au volume livré, et finalement, la colonne *Product* qui indique le type de produit livré. Si un client reçoit plus qu'un type de produit, le fichier *Demand* va contenir pour ce client autant de lignes que de produit reçu par ce dernier.

Le second fichier est le fichier *Supply*. Il comprend aussi cinq colonnes, soit la colonne *Supplier* qui indique le nom du fournisseur, les colonnes longitude et latitude qui représentent la géolocalisation de ce fournisseur, la colonne *Sup-Dem* indiquant la quantité livrée. Contrairement au fichier *Demand*, cette colonne a une valeur négative puisque le

volume sort du fournisseur et rentre chez le client. Enfin, la dernière colonne exprime le type de produit livré.

Le troisième fichier est le fichier *Distance*. Ce fichier contient une matrice qui correspond à la distance entre chaque point d'origine et de destination. Afin de calculer chaque distance, les coordonnées géographiques de chaque point d'origine et de destination ont été calculées. Cependant, puisque le point de cueillette du bois est une forêt (difficulté de savoir les coordonnées exactes), alors l'hypothèse que le centroïde de chaque municipalité représente le point de départ de la livraison a été prise. Par ailleurs, la création d'une routine de type macro dans Excel a été nécessaire pour faire appel à Google Maps afin de calculer la distance entre chaque paire origine-destination, puis écrire l'information dans le fichier Excel.

Le choix de l'horizon de planification des retours en charge a un impact sur la performance du modèle. En effet, si on permet d'effectuer un retour en charge entre deux livraisons disponibles dans un court horizon (1 jour, 1 semaine ou 1 mois), il y aura moins de possibilités de retour en charge que si l'horizon est allongé à 2 mois, 3 mois ou 6 mois.

4.2.3.2. *Méthode d'évaluation des plans de transport*

Avant de commencer la planification des flux de transport avec le modèle utilisé, la première phase consiste à évaluer la performance de chacune des organisations sans retours en charge. Par conséquent, pour chaque période, un travail est réalisé sur les données de chaque organisation afin de sortir le volume de livraison effectué entre chaque paire de site d'origine (fournisseur) et de site de destination (client). Puisque le volume maximal qu'un camion peut livrer est de 60 m^3 apparents, le volume de chaque livraison est divisé par la capacité de chargement pour avoir le nombre de camions qui ont livré à partir d'un fournisseur vers un client. Les distances en kilomètre entre chaque paire citée précédemment sont aussi calculées. Une fois ces données calculées, l'étape qui suit est de déterminer la distance totale parcourue d'une origine vers une destination pendant la période sélectionnée. Finalement, la somme des distances parcourues pendant cette

période est calculée. La figure 4.12 résume la méthode utilisée pour calculer la somme des distances parcourues pour une période donnée pour toutes les livraisons.

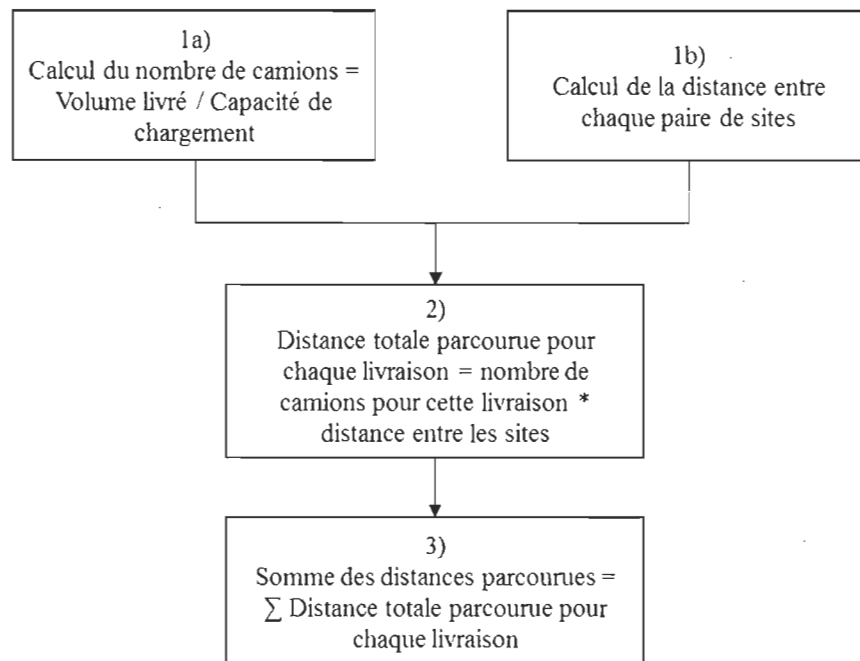


Figure 4.12 Méthode utilisée pour calculer la somme des distances parcourues pour une période donnée

4.2.3.3. Planification et évaluation de la performance individuelle sans retour en charge

Pour un horizon de planification des retours en charge de deux mois, les figures 4.13 et 4.14 présentent les distances parcourues par chaque organisation sans retours en charge.

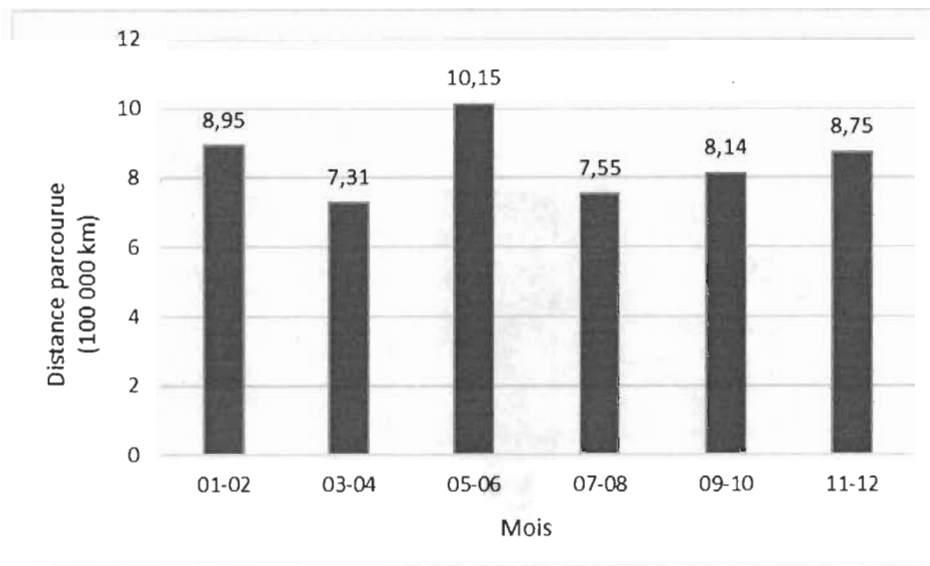


Figure 4.13 Somme des distances parcourues du SPFRQ sans retour en charge

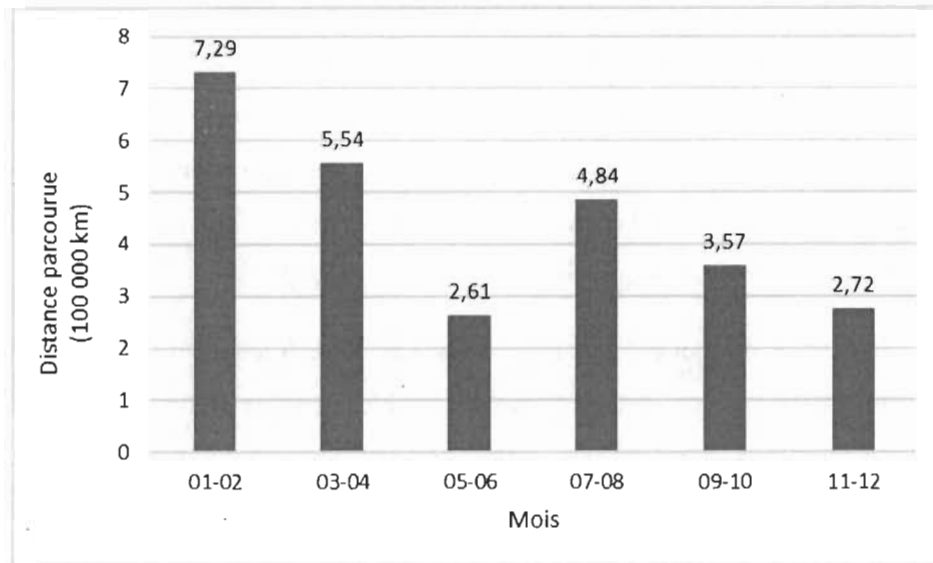


Figure 4.14 Somme des distances parcourues du SPFSQ sans retour en charge

Par ailleurs, la figure 4.15 présente la somme des distances parcourues pendant l'année.

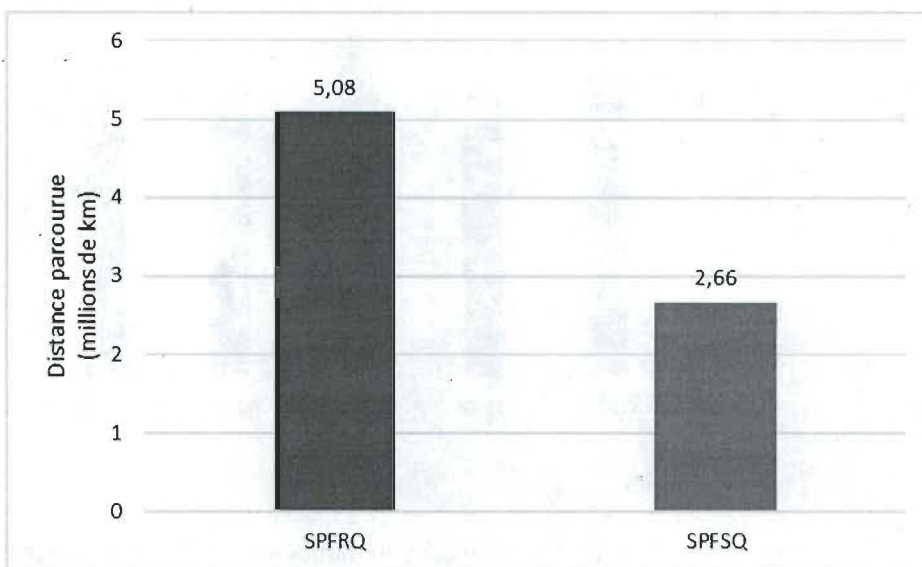


Figure 4.15 Somme des distances parcourues par chaque organisation sans retours en charge pour l'année au complet.

4.2.3.4. Planification et évaluation de la performance avec retour en charge

Ensuite, la même démarche est réalisée pour calculer les nouvelles distances parcourues en utilisant le modèle de planification incluant des retours en charge. Le total des distances parcourues va être par la suite comparé à ceux cités en haut, afin d'en ressortir les distances à vide pondérées économisée avec retours en charge.

L'exécution du modèle génère trois fichiers de résultats, soit le fichier *param_route* où se trouvent toutes les routes directes possibles, soit le fichier *param_backhaul* où sont regroupés tous les retours en charge possibles et, finalement, le fichier *Backhaul* où toutes les routes sélectionnées par le modèle y figurent (routes directes et retours en charge). Les fichiers *param_route* et *param_backhaul* sont en forme de matrice, avec les noms des routes sur la première colonne et les noms des fournisseurs et des clients sur la première ligne. Sur un point d'intersection, on peut retrouver trois valeurs différentes, soit la valeur « 0 » qui indique que ce client ou fournisseur n'est pas sélectionné dans le trajet,

soit la valeur « 1 » qui signifie que ce client est sélectionné dans cette route, ou bien la valeur « -1 » qui spécifie que ce fournisseur est sélectionné pour ce trajet.

Le troisième fichier généré par le modèle est le fichier *Backhaul*. Ce fichier comporte les noms de routes sélectionnées dans le modèle, que ce soit en route directe ou en retour en charge, ainsi que le volume à transporter pour chaque route choisie.

Le modèle propose deux paramètres ajustables, soit le gain minimum en kilomètre qu'un retour en charge offre et la durée maximale d'un retour en charge. L'obtention d'une réduction minimale de 5 % pour qu'un retour en charge soit appliqué dans la pratique a été fixée sur la base des discussions avec les expéditeurs. En ce qui concerne la durée maximale d'un retour en charge, la loi au Québec exige un temps maximal de travail des conducteurs de 14 h (Publications Québec, 2017). Ici, la durée maximale d'un itinéraire de retour en charge est fixée à 10 h, permettant plus de flexibilité aux transporteurs en raison des temps de chargements et de déchargements des produits, ainsi que pour les pauses et les réapprovisionnements en carburant.

Les mêmes bases de données utilisées pour calculer les distances parcourues avant la planification des flux du transport sont réutilisées dans cette partie pour la planification sur un horizon de 2 mois. Les fichiers *Distance*, *Supply* et *Demand* sont préparés pour l'exécution du programme.

Dans cette partie, où l'on planifie les flux de transport pour chaque organisation individuellement, douze scénarios ont été testés pour un horizon de temps de deux mois (six plans avec les données du SPFRQ et six plans avec les données du SPFSQ). Les temps d'exécution du modèle varient selon le nombre de livraisons, de clients et de fournisseurs que comporte la base de données.

Après l'obtention des résultats, le fichier *Backhaul*, généré par le modèle, fournit les noms des routes sélectionnés pour la nouvelle planification et les volumes à livrer pour chacune. Une fois que le travail d'assignation de chaque route sélectionnée avec son client, son fournisseur et son volume de livraison est terminé, on obtient une nouvelle base de

données avec de nouveaux flux de transport, incluant cette fois des retours en charge. Cette dernière sert de support pour l'évaluation de la performance individuelle de chaque instance.

Afin de calculer les nouvelles distances parcourues après l'application du modèle, il faut additionner les distances parcourues en route directe et en retour en charge. Pour cela, les sommes des distances parcourues sont calculées respectivement pour les routes directes et pour les retours en charge. Le processus est le même que celui présenté sur la figure 4.12. À la fin de cette partie, la somme des distances parcourues pour une période donnée est égale à la somme des distances parcourues en route directe, plus celles en retour en charge.

Pour chaque période de deux mois, les figures 4.16 et 4.17 présentent les distances parcourues par chaque organisation avec retours en charge. Pour le SPFRQ, les mois avec le volume de livraison le plus élevé sont les mois de mai et juin (environ 954 000 km parcourus), alors que pour le SPFSQ, les mois les plus achalandés sont les mois de janvier et février (environ 646 000 km parcourus). Les mois présentant le plus faible volume de livraison sont les mois de mars et avril pour le SPFRQ (environ 676 000 km parcourus) et les mois de mai et juin pour le SPFSQ (environ 227 000 km parcourus).

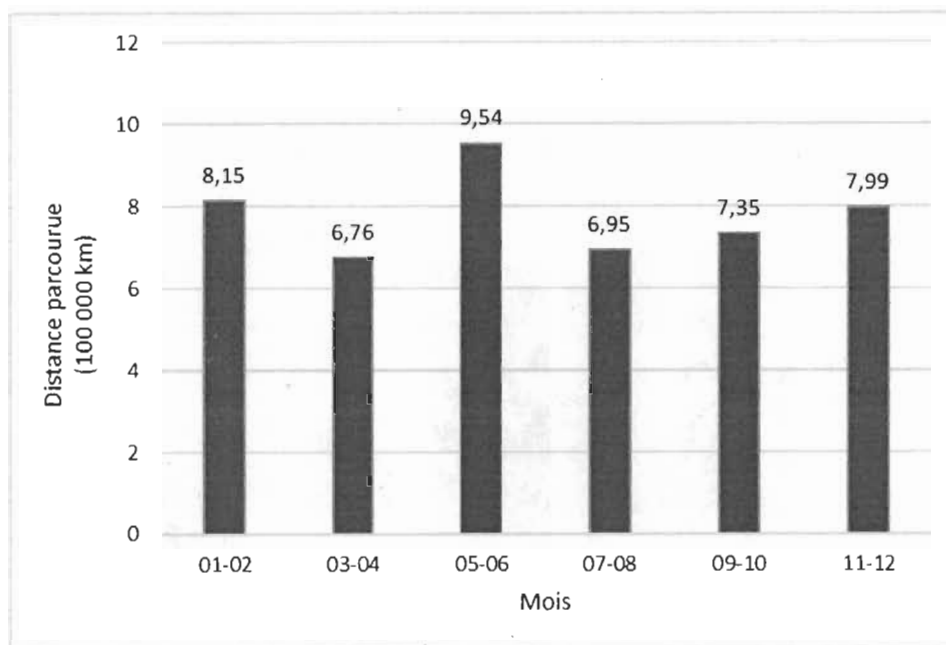


Figure 4.16 Somme des distances parcourues du SPFRQ avec retours en charge

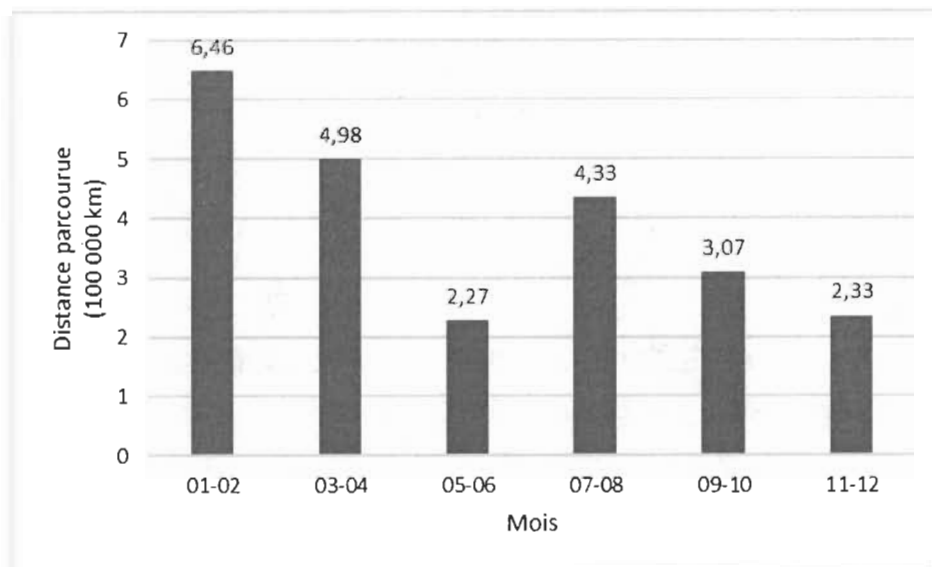


Figure 4.17 Somme des distances parcourues du SPFSQ avec retours en charge

D'autre part, la figure 4.18 illustre les distances totales parcourues par chaque organisation pour l'année au complet. La remarque ici est que le SPFRQ a transporté environ le double du volume de livraison du SPFSQ pendant l'année.

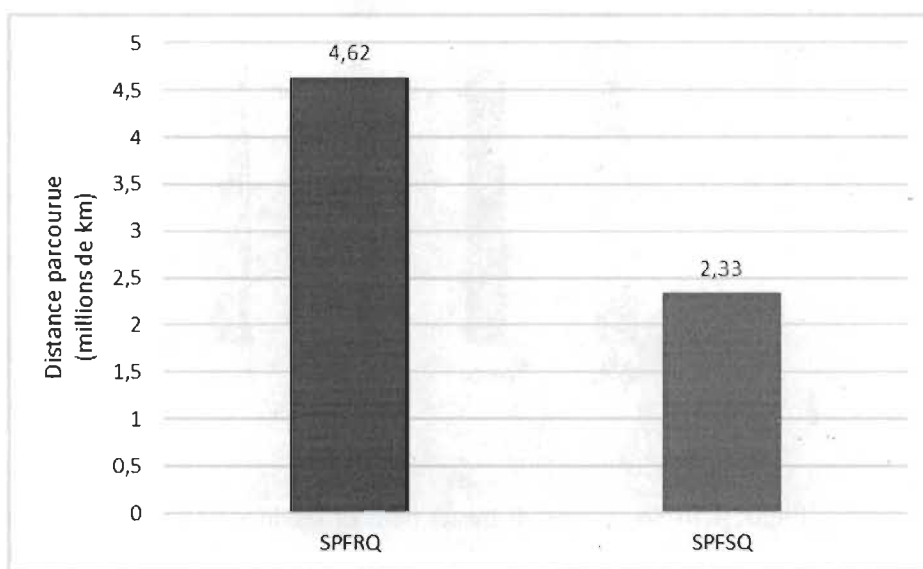


Figure 4.18 Somme des distances parcourues par chaque organisation avec retours en charge pour l'année au complet

À la fin de cette partie, les distances parcourues par les deux organisations sans retour en charge, ainsi que les distances obtenues grâce à la nouvelle planification des flux de transport avec retours en charge ont été calculées.

4.2.4. Étape 4. Planification et évaluation de la performance collaborative théorique

À cette étape, le but est de planifier les flux de transport collaboratifs en incluant les retours en charge, mais en considérant toutes les organisations comme faisant partie d'une unique et même organisation fictive. L'objectif est d'évaluer la performance maximale (borne supérieure théorique) qu'une collaboration peut offrir, sans aucune restriction (c'est-à-dire, sans prendre en considération des enjeux tels que le partage d'information, l'allocation des bénéfices, etc.). Ainsi, les tâches de l'étape 3, soit l'analyse des données, l'évaluation de la performance sans retour en charge, la planification des retours en charge et l'évaluation de la performance individuelle, sont réalisées à nouveau, mais cette fois en

regroupant les données historiques de toutes les organisations. Ainsi, une seule planification sera nécessaire (plan conjoint). Ainsi, six scénarios sont testés, où on regroupe les données des deux organisations.

Avant de procéder à la planification collaborative, il est nécessaire de calculer les distances parcourues par les deux organisations ensemble sans retours en charge. Les données reçues par les organisations sont regroupées, comme s'il s'agit d'une seule organisation. La figure 4.19 détaille les distances parcourues par les deux organisations ensemble sans retours en charge. Mis à part les mois de janvier et février, les distances parcourues demeurent stables.

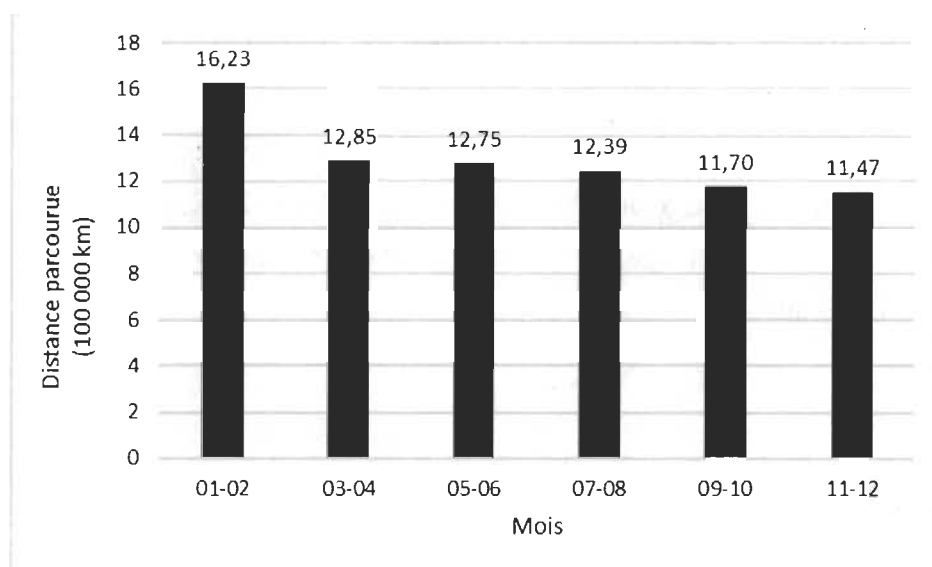


Figure 4.19 Distances parcourues par les deux organisations ensemble sans retour en charge

La méthode de calcul des distances parcourues est la même que celle présentée dans l'étape 3 (voir la figure 4.12). La figure 4.20 présente les résultats obtenus avec la nouvelle planification des flux de transport en collaboration. Comme présenté dans la figure 4.19, les distances parcourues tout au long de l'année restent stables, sauf pour les mois de janvier et février.

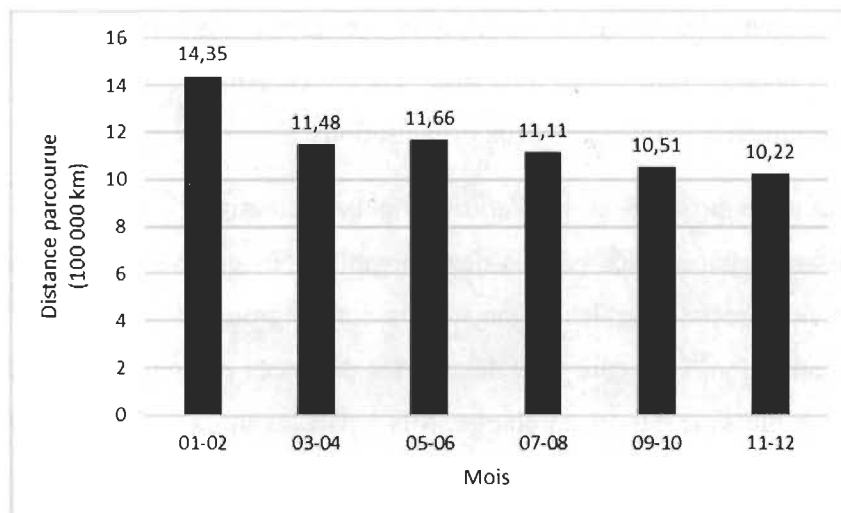


Figure 4.20 Nouvelles distances parcourues par les deux organisations en collaboration avec retours en charge

D'autre part, la figure 4.21 présente la somme des distances parcourues par les deux organisations sans retour en charge et la somme des distances parcourues en collaboration avec retours en charge. Environ 800 000 km ont été économisés grâce à la planification collaborative.

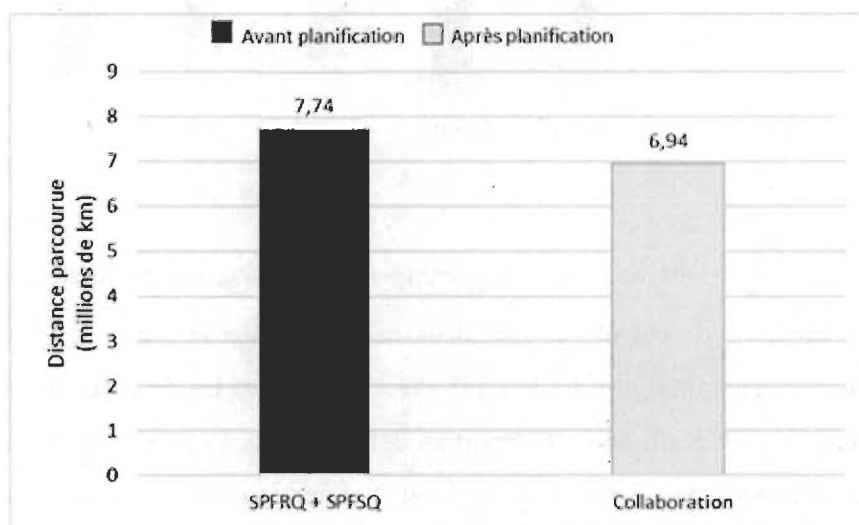


Figure 4.21 Somme des distances parcourues par les deux organisations avec et sans retour en charge pour l'année au complet

4.2.5. Étape 5. Analyse des gains de la performance collaborative théorique

Dans cette étape, l'objectif est de réaliser une comparaison des résultats obtenus, afin d'avoir un aperçu des bénéfices qu'une collaboration peut offrir. Par conséquent, l'étape 5 permet d'avoir en main les données sur la performance initiale d'une organisation, ainsi que les données sur la performance après la planification individuelle et collaborative théorique. Les figures 4.22 et 4.23 comparent les distances parcourues par chaque organisation, individuellement avant et après la planification des flux de transport avec retour en charge.

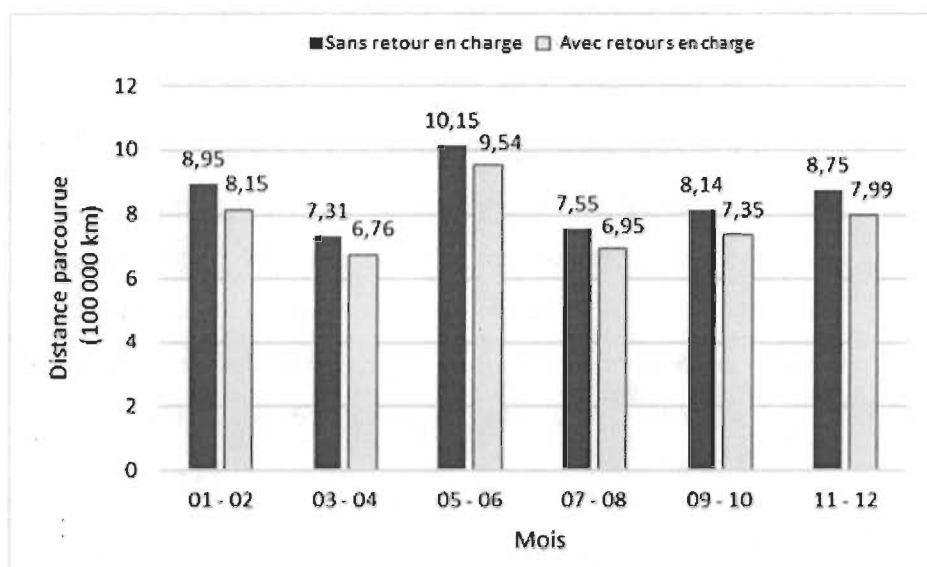


Figure 4.22 Distances parcourues par le SPFRQ avec et sans retours en charge

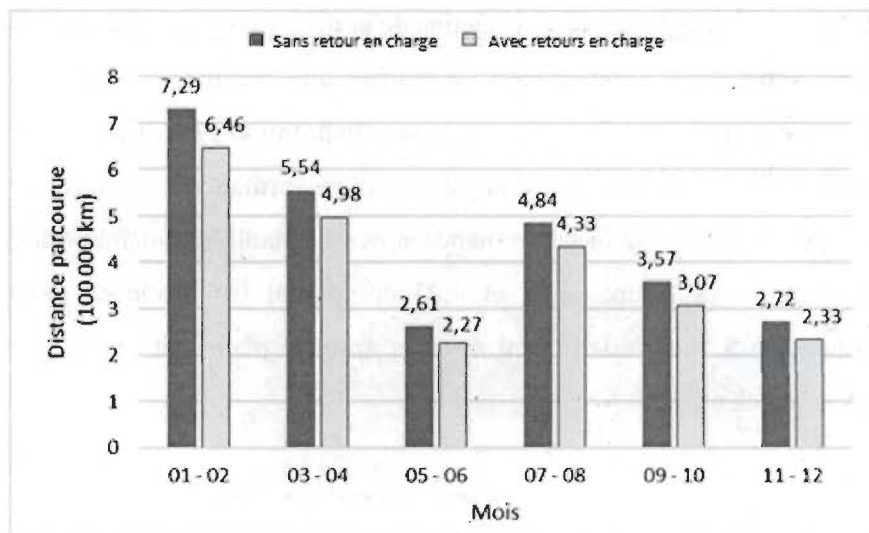


Figure 4.23 Distances parcourues par SPFSQ avec et sans retour en charge

La figure 4.24 compare les distances parcourues par les deux organisations individuellement sans retours en charge, avec les distances parcourues avec une planification conjointe des flux de transport avec retours en charge. Comme on pouvait s'y attendre, en regroupant les flux de transport des deux organisations, il y a des réductions des distances parcourues sur chaque période de l'année.

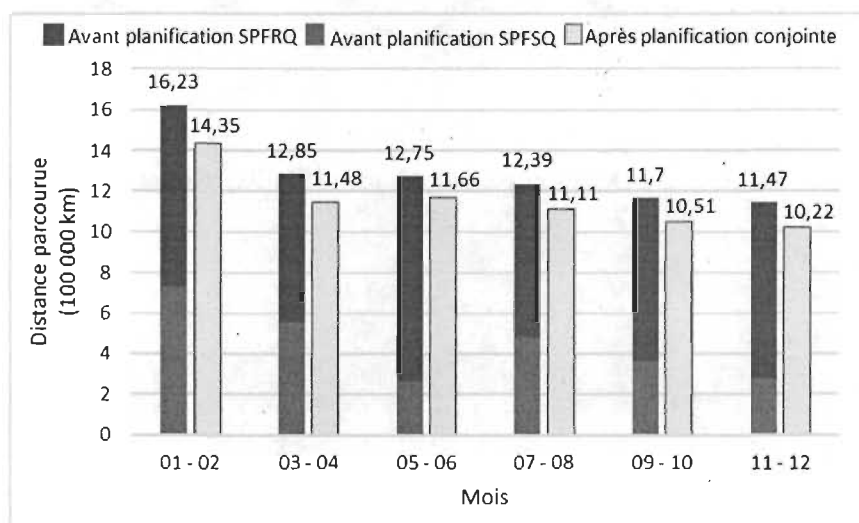


Figure 4.24 Distances parcourues par les deux organisations avec et sans retour en charge

Finalement, la comparaison des sommes des distances parcourues par chaque organisation pour l'année au complet avec et sans retour en charge est illustrée dans la figure 4.25. Cette figure montre que même en appliquant le modèle en individuel, les deux organisations arrivent à obtenir des économies.

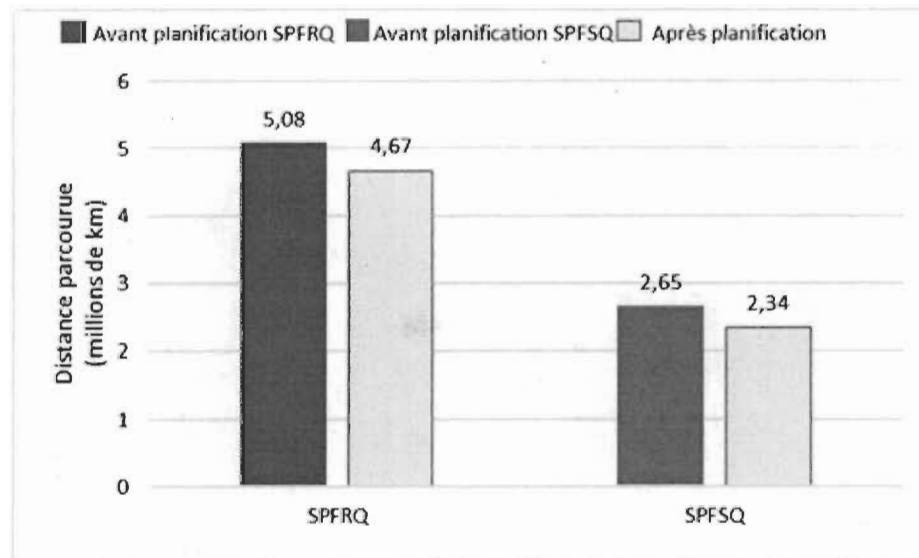


Figure 4.25 Distances parcourues par chaque organisation avec et sans retour en charge

4.2.6. Étape 6. Détermination des scénarios de collaboration

L'étape 6 consiste à déterminer des scénarios d'opérationnalisation d'une collaboration qui sont envisageables en pratique par les organisations, alors que la collaboration théorique planifiée à l'étape 5 faisait volontairement abstraction de toute contrainte d'affaires afin d'estimer la borne théorique supérieure lorsqu'il n'y a aucune restriction provenant des contraintes d'affaires. Parmi les propositions reçues lors de discussions avec les deux organisations, il apparaissait plus réaliste de planifier les flux de transport incluant les retours en charge avec des producteurs ayant actuellement une production de volume prévisible. En effet, il existe deux types de producteurs au SPFRQ où la production peut être connue d'avance, soit les très grands propriétaires non-industriels, et les organismes de gestion en commun. Comme illustré dans la figure 4.26, on compte au total 20 de ces producteurs avec un volume prévisible (leurs volumes de livraison

représentent environ 70 % des livraisons effectuées par cette organisation). Quant au SPFSQ, c'est avec cinq fournisseurs dont le volume est envisageable d'avance (ils représentent environ 35 % des volumes de livraison totaux de cette organisation) qu'on peut effectuer des planifications de flux de transport plus concrètes (figure 4.27).

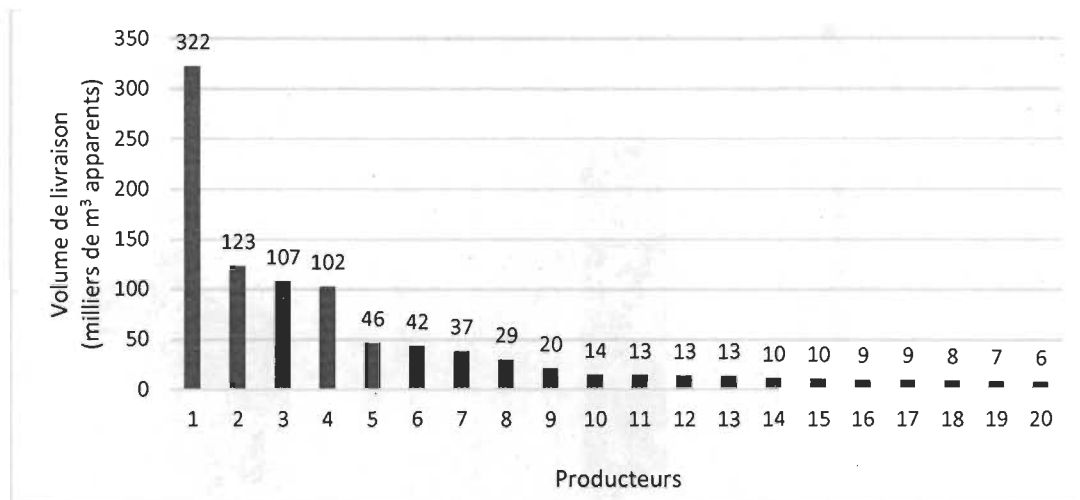


Figure 4.26 Volume de bois produit par les producteurs avec un volume prévisible du SPFRQ

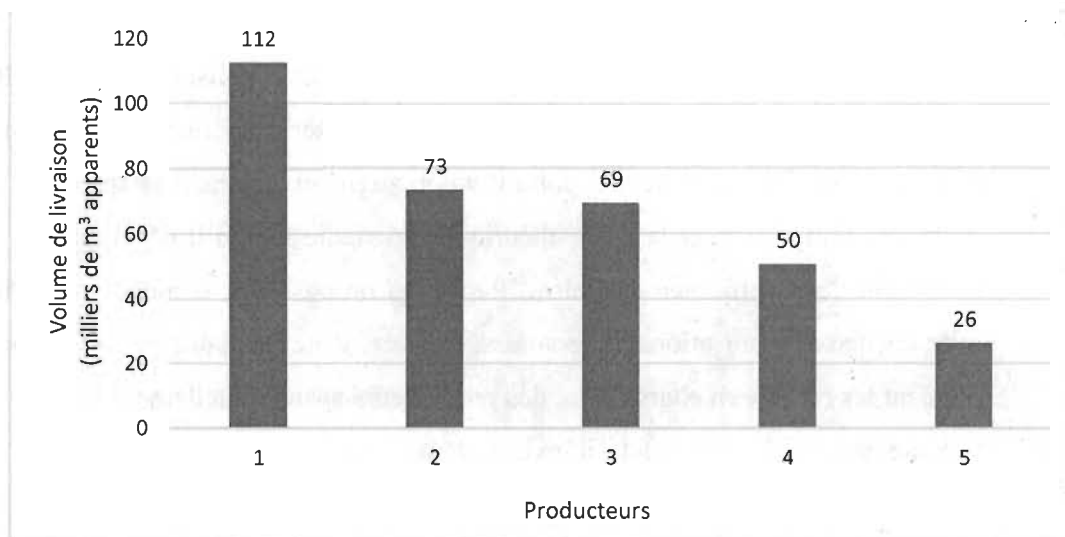


Figure 4.27 Volume de bois produit par les producteurs avec un volume prévisible du SPFSQ

4.2.7. Étape 7. Planification et évaluation de la performance pour chaque scénario

L'étape 7 est effectuée par l'organisation tierce et consiste à planifier chaque scénario retenu à l'étape précédente. Puis, une évaluation de la performance de chaque scénario est calculée avec les indicateurs choisis dans l'étape 1, de la même manière que l'étape 3 et 4, mais cette fois, avec des scénarios de collaborations réels. Ainsi, une planification et une évaluation des flux de transport, incluant les retours en charge avec les producteurs ayant un volume prévisible, sont réalisées dans cette étape. Les figures 4.28 et 4.29 exposent les résultats obtenus lors de la planification des flux de transport des producteurs avec un volume prévisible. Un des constats tirés de ces figures est que malgré la suppression des producteurs avec un volume imprévisible, les mois avec le plus et moins de distances parcourues restent les mêmes que les distances parcourues avec le volume total.

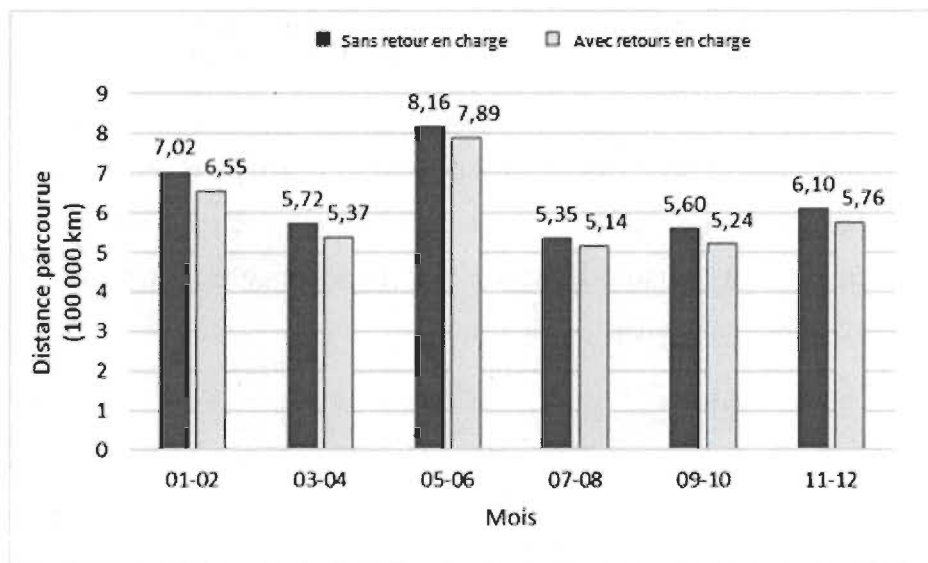


Figure 4.28 Distance parcourue avec et sans retour en charge pour les producteurs à volume prévisible du SPFRQ

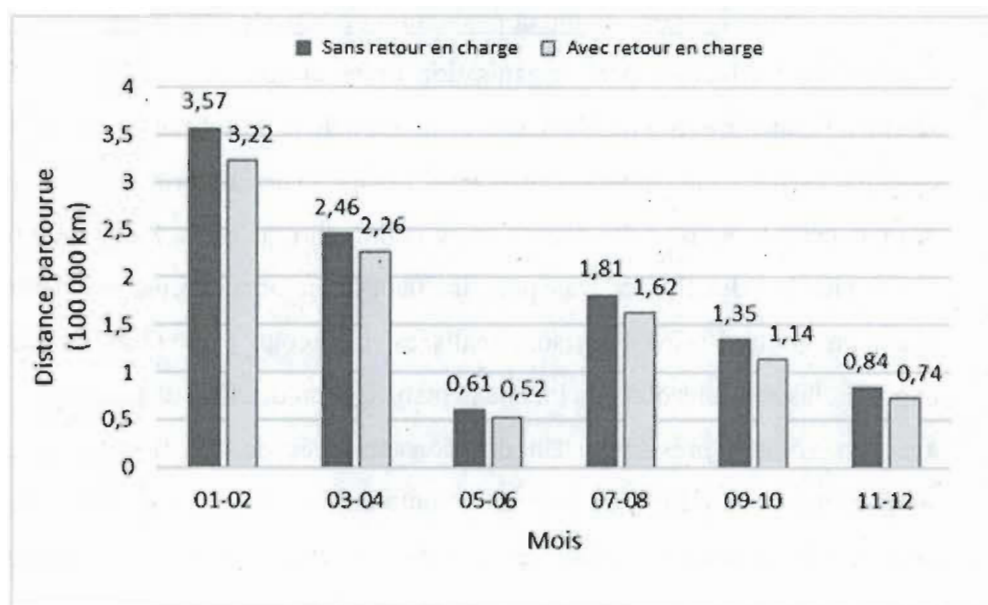


Figure 4.29 Distance parcourue avec et sans retour en charge pour les producteurs à volume prévisible du SPFSQ

La figure 4.30 présente les distances totales parcourues sans retour en charge des deux organisations et les résultats obtenus par la planification collaborative avec retours en charge des producteurs avec un volume prévisible. Les mois avec la plus grande distance parcourue sont les mois de janvier et février, alors que les distances parcourues restent relativement stables dans les autres.

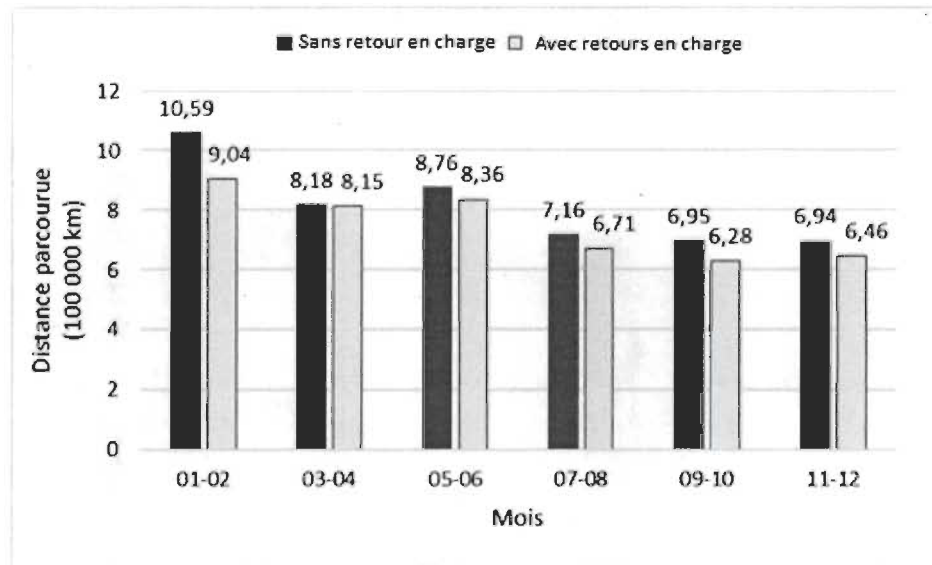


Figure 4.30 Distance totale parcourue avec et sans retour en charge pour les producteurs à volume prévisible des deux organisations

Dans la figure 4.31, les distances parcourues par les deux organisations avant l'utilisation du modèle sont présentées, ainsi que ceux après la planification des flux de transport en individuel et en collaboration. Cette figure représente un résumé des distances parcourues avant et après la planification des flux de transport pour une année au complet. L'objectif est de comparer les distances parcourues en individuels et en collaboration.

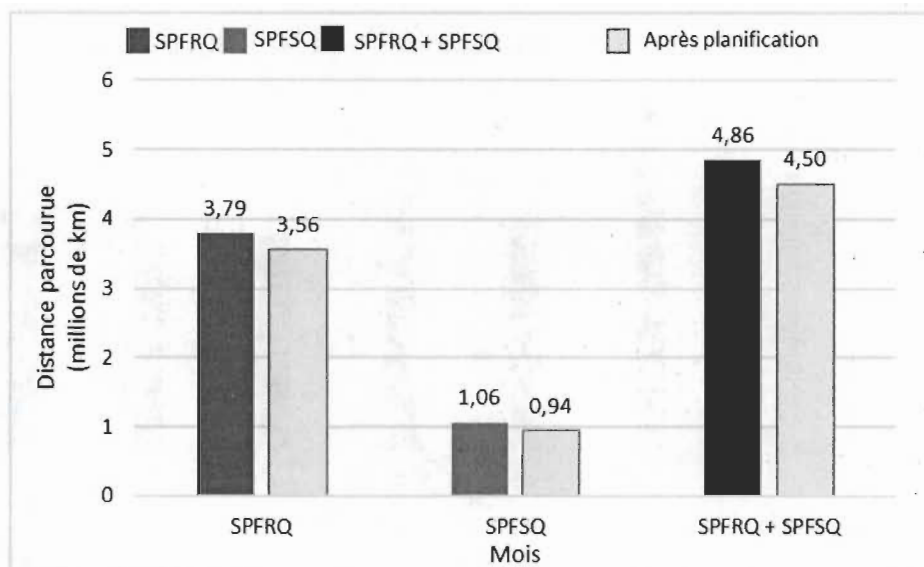


Figure 4.31 Somme des distances parcourues avec et sans retour en charge, en individuel et en collaboration pour l'année au complet

4.2.8. Étapes subséquentes

Les étapes détaillées dans le chapitre 4 du mémoire ont été présentées jusqu'à l'étape 7 inclusivement. L'étape de l'analyse, comparaison et choix du scénario (étape 8) n'avait pas à être réalisé dans ce cas. En effet, puisque dans ce mémoire un seul scénario a été testé, une comparaison des scénarios choisis n'a pas été requise. La détermination de la méthode d'allocation pour chacun des bénéfices partageables (étape 9), la mise en œuvre du scénario de collaboration retenu (étape 10) et l'évaluation et suivi de la performance en continu (étape 11) ne sont pas appliquées dans ce mémoire. Avant d'effectuer ces étapes, d'avantages de scénarios devront être développés et les partenaires devront être prêts à implanter la collaboration, ce qui n'est pas le cas présentement. Dans le chapitre qui suit, une analyse détaillée et une discussion des résultats sont proposées.

CHAPITRE 5 ANALYSE ET DISCUSSION

Ce chapitre est divisé en deux parties. La première partie comporte une analyse et une interprétation des résultats obtenus lors de l'application du cadre. Dans la seconde partie, une discussion détaillée des résultats obtenus est proposée.

5.1. Analyse

L'analyse des résultats obtenus est divisée en cinq parties. Tout d'abord, les résultats de la planification individuelle sont analysés. En second lieu, les résultats de la planification collaborative sont étudiés. Ensuite, l'impact de la planification des flux de transport avec retours en charge pour un volume prévisible est soumis à une analyse. Une analyse de l'impact du changement de l'horizon de planification suit. Finalement, une étude sur la distribution des économies apportées par les retours en charge sélectionnés par le modèle est réalisée.

5.1.1. Planification individuelle pour le volume total

Pour entamer cette partie d'analyse des résultats, les économies obtenues en kilomètre et en pourcentage de l'utilisation du modèle de planification des flux de transport avec des retours en charge sont calculés et présentés dans le tableau 5.1. Les distances parcourues par chacun des regroupements avec une planification des flux de transport sans retour en charge, sur un horizon de planification de 2 mois, sont soustraites des distances parcourues après l'utilisation du modèle de planification avec retours en charge, afin d'obtenir les économies en kilomètre grâce à la nouvelle planification avec retours en charge. Les résultats présentés dans le tableau montrent que la période qui offre le plus d'économies en termes de kilomètres pour les deux organisations est la période des mois de janvier et février. Ce sont aussi les périodes qui offrent le plus de distances parcourues. Par contre, les périodes avec le moins d'économies en termes de pourcentage sont les mois de mai et juin pour le SPFRQ et les mois de mars et avril pour le SPFSQ. Ceci peut être expliqué par des contraintes spécifiques du secteur étudié. En effet, au Québec, la saison d'hiver est la saison la plus achalandée dans le secteur forestier pour la production (opérations

forestières), alors que les périodes de mars et avril sont des périodes de dégel ce qui explique la réduction des activités de transport. Bien que les résultats obtenus sont sur une année, il semble plausible que cette saisonnalité est constante d'année en année. Pour ce qui est de la somme des distances parcourues, le total des distances réduites en kilomètre par le SPFRQ est plus élevé que celui du SPFSQ, alors que c'est le SPFSQ qui réalise le plus d'économies en pourcentage (8,10 % pour le SPFRQ et 11,71 % pour le SPFSQ).

Tableau 5.1 Économies obtenues par la planification individuelle avec retours en charge pour le volume total

Mois	SPFRQ		SPFSQ	
	Km	%	Km	%
01 - 02	80 373	8,98 %	82 090	11,27 %
03 - 04	55 126	7,54 %	56 238	10,15 %
05 - 06	61 078	6,02 %	33 822	12,98 %
07 - 08	60 192	7,98 %	50 657	10,47 %
09 - 10	78 879	9,69 %	49 162	13,79 %
11 - 12	76 212	8,71 %	38 985	14,32 %
Total	411 861	8,10 %	310 955	11,71 %

5.1.2. Planification collaborative pour le volume total

Le tableau 5.2 présente les économies collaboratives obtenues, en kilomètre et pourcentage, par la planification avec retours en charge avec le volume total. Les économies sont obtenues en soustrayant les distances parcourues en planification collaborative (voir la figure 4.20) de la somme des distances parcourues par les deux organisations sans retour en charge (voir la figure 4.19). Comme dans les résultats obtenus dans le tableau 5.1, la remarque est que les mois offrant le plus d'économies sont les mois de janvier et février (période d'achalandage), alors que ceux offrant le moins d'économies sont les mois de mai et juin (période de dégel). La moyenne des économies collaboratives

est de 10,49 %, alors que le total des distances à vide pondérées économisées avec des retours en charge est de 814 946 km.

Tableau 5.2 Économies obtenues par la planification collaborative avec retours en charge pour le volume total

Mois	Économies (km)	Économies (%)
01 - 02	188 334	11,60 %
03 - 04	137 199	10,68 %
05 - 06	108 849	8,54 %
07 - 08	127 351	10,28 %
09 - 10	128 041	10,94 %
11 - 12	125 172	10,91 %
Total	814 946	10,49 %

5.1.3. Planification individuelle pour le volume prévisible

Dans cette sous-section, les flux de transport provenant des producteurs avec un volume imprévisible ont été exclus de l'analyse. À la suite de cette exclusion, le nombre de producteurs membres du SPFSQ et du SPFRQ a baissé d'environ 99 %. En effet, seulement 5 producteurs du SPFSQ sont considérés comme des producteurs avec un volume prévisible (parmi 1545 producteurs membres du SPFSQ). Cependant, ces 5 producteurs produisent environ 39 % du volume total des livraisons du SPFSQ. Quant au SPFRQ, environ 20 producteurs sont considérés comme producteurs avec un volume prévisible (sur les 2177 producteurs membres de l'organisation). Ces producteurs fournissent environ 70 % du volume total des livraisons du SPFRQ.

Le tableau 5.3 montre les économies obtenues lors de la planification individuelle des flux de transport avec retour en charge pour un horizon de planification de 2 mois et un volume prévisible. Deux remarques peuvent être tirées de ces résultats. La première remarque est qu'avec le volume de livraison total, le SPFRQ réalise des économies de l'ordre de

8,15 %. Alors qu'avec le volume prévisible, les volumes de livraison ont été réduits d'environ 30 % pour une réduction des distances parcourues de l'ordre de 5,58 %. Pour que les économies soient uniformément réparties avec les volumes de livraison, le SPFRQ doit avoir des économies de distances parcourues de 5,705 % ($70 * 8.15 / 100 = 5,705$), alors qu'on obtient des réductions de 5,58 %. Ceci veut dire que le SPFRQ perd des gains. Par conséquent, on peut dire que les économies en distance parcourue ne sont pas répartis uniformément avec les volumes de livraison. En ce qui concerne le SPFSQ, 11,71 % des économies ont été réalisées avec le volume de livraison total. Alors qu'en réduisant les volumes de livraison d'environ 80 % (volume livré par les organisations à volume prévisible), les économies obtenues sont de 10,66 %. En appliquant la règle de trois pour le SPFSQ ($20 * 11,71 / 100 = 2,342$), on peut dire qu'en travaillant avec les producteurs à volume prévisible, le SPFSQ réalise 10,66 % d'économie de distance, au lieu de 2,342 % si les économies ont été uniforme avec les volumes de livraison. Ceci veut dire que le SPFSQ capture plus que 91 % des économies ($10,66 / 11,71$) en faisant affaires avec uniquement les cinq producteurs à volume prévisible. La seconde remarque est qu'avec le volume prévisible, les distances parcourues ont baissé d'environ 25 % pour le SPFRQ et de 60 % pour le SPFSQ.

Tableau 5.3 Économies obtenus par chaque organisation, avec un horizon de planification de 2 mois et un volume prévisible

Mois	SPFRQ		SPFSQ	
	Km	%	Km	%
01 - 02	47 770	6,80 %	34 657	9,70 %
03 - 04	34 574	6,05 %	19 835	8,06 %
05 - 06	26 908	3,30 %	8 556	14,13 %
07 - 08	20 677	3,87 %	19 050	10,51 %
09 - 10	36 857	6,58 %	20 969	15,58 %
11 - 12	33 862	5,55 %	10 401	12,31 %
Total	200 648	5,58 %	113 468	10,66 %

5.1.4. Planification collaborative pour le volume prévisible

Les économies obtenues par la planification collaborative sont présentées dans le tableau 5.4. Dans ce tableau, les économies totales en kilomètres et en pourcentage sont présentées, ainsi que les économies réalisées par les routes individuelles et partagées par les deux organisations. On parle de route partagée quand un retour en charge regroupe un client et un producteur de chaque organisation. On remarque que les économies apportées par la planification collaborative sont presque équivalentes à ceux apportées par la planification individuelle, sauf pour les mois de janvier et de février où les économies collaboratives présentent une réduction des distances parcourues de 73 407 km par rapport à la planification individuelle. On remarque aussi qu'aux mois de mars et avril, la planification collaborative n'apporte aucune économie par rapport à la planification individuelle, ce qui veut dire que le modèle n'a pas trouvé de retours en charge combinant les deux organisations en même temps pendant cette période (seulement des retours en charge en individuel).

Tableau 5.4 Économies obtenues par la planification collaborative avec retours en charge

Mois	Économies					
	Totales (km)	Routes individuelles	Routes partagées	Totales (%)	Routes individuelles	Routes partagées
01-02	155 834	82 427	73 407	14,71 %	7,2 %	7,51 %
03-04	54 409	54 409	0	6,65 %	6,65 %	0 %
05-06	39 713	35 464	4 249	4,53 %	4,02 %	0,51 %
07-08	44 831	39 728	5 103	6,26 %	5,51 %	0,75 %
09-10	66 883	57 826	9 057	9,62 %	8,2 %	1,42 %
11-12	47 952	44 263	3 689	6,91 %	6,34 %	0,57 %
Total	409 622	314 117	95 505	8,11 %	6,32 %	1,79 %

5.1.5. Impact d'une meilleure synchronisation annuelle des flux de transport

Le dernier scénario testé est la modification de l'horizon de planification en passant d'une planification bimensuelle à une planification annuelle. Ici, il faut mentionner qu'une synchronisation serait réalisée dans le cadre de la planification annuelle des opérations où le transport représente un des éléments à considérer. La figure 5.1 présente une comparaison des résultats obtenus lors de la planification individuelle et collaborative, ainsi que l'économie apportée dans chaque cas pour un volume prévisible. On remarque que la modification de l'horizon de planification n'apporte pas des économies significatives lors de la planification individuelle (environ 1 % d'économies additionnelles pour le SPFRQ et environ 0,75 % pour le SPFSQ). Ceci peut s'expliquer par le fait que les routes choisies par le modèle pour des retours en charge sont répétitives tout au long de l'année. Par contre, la planification collaborative offre des économies supplémentaires de 4,18 % (185 956 km additionnels de réduction) par rapport à ceux obtenus lors de la planification avec un horizon de planification bimensuel. Par conséquent, on peut conclure qu'en combinant les activités de transport des deux organisations, il y a plus de potentiel de réduction de distances parcourues, lorsqu'on effectue une meilleure synchronisation des flux de transport à l'échelle annuelle.

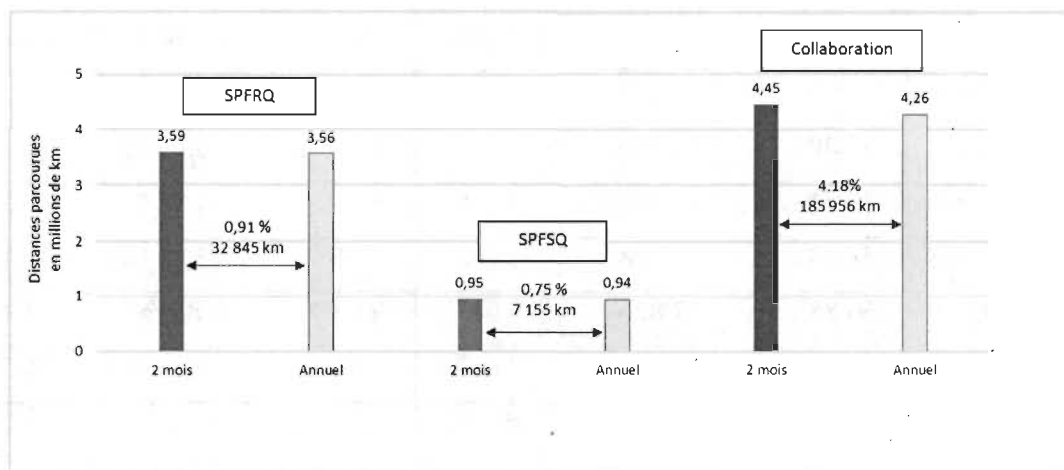


Figure 5.1 Économies apportés par la planification annuelle par rapport à la planification au 2 mois

5.1.6. Distribution des gains des retours en charge sélectionnés par le modèle

Dans cette partie, une analyse sur les retours en charge sélectionnés par le modèle est réalisée. La figure 5.2 illustre tous les retours en charge choisis avec les économies qu'offre chacune d'entre eux. La remarque est que parmi les 3462 retours en charge proposés par le modèle, seulement 170 présentent des économies totales supérieures à 1000 km au long de l'année. La moyenne de répétition d'un retour en charge est de 3 fois. La route la plus fréquentée est effectuée 276 fois durant l'année. En supplément, la figure 5.2 montre qu'environ 80 % des économies obtenues lors de la planification des flux de transport avec des retours en charge sont atteintes en utilisant environ 30 % des routes proposées par le modèle. La figure montre aussi que seulement 60 routes proposent des économies supérieures à 2000 km. Ces routes offrent environ 20 % des économies totales.

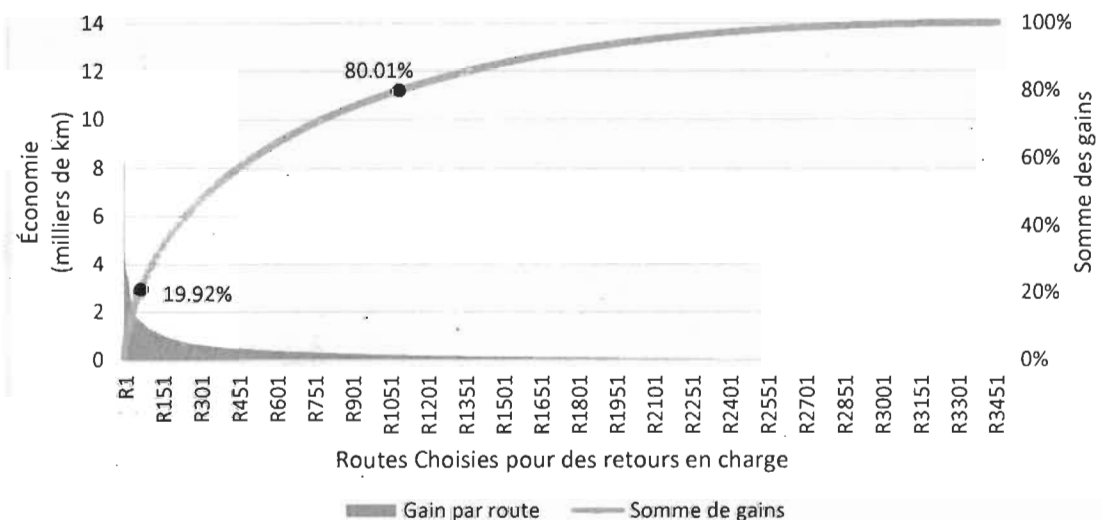


Figure 5.2 Près de 30 % des retours en charge sélectionnés apportent 80 % des économies

En parallèle, un travail a été effectué pour étudier la répétitivité des retours en charge proposés par le modèle tout au long de l'année étudiée. Les retours en charge sont classés dans le tableau 5.5 selon leurs nombres de répétitions pendant l'année. Le tableau est divisé en dix catégories. Pour chaque catégorie, le nombre de routes et les économies obtenues en kilomètre et en pourcentage sont présentées. On remarque que le modèle

propose environ 1439 retours en charge qui sont effectués juste une fois pendant l'année desquels 271 offrent des économies inférieures à 10 km. Ces retours en charge représentent environ 8,71 % des économies totales obtenues grâce à la nouvelle planification. La seconde remarque est que les retours en charge se répétant 3, 4 ou 5 fois pendant l'année offrent le plus d'économies en termes de kilomètres et en pourcentage. Finalement, on remarque que le modèle ne propose que 3 retours en charge qui se répètent plus que 50 fois pendant l'année.

Tableau 5.5 Distribution des économies selon le nombre de répétitions

Nombre de répétition	Nombre de routes	Économie en km	Économie en pourcentage
> 100	2	15 011	1,68 %
[100 - 50]	1	6 723	0,75 %
[50 - 40]	9	21 152	2,37 %
[40 - 30]	7	25 467	2,85 %
[30 - 20]	28	50 048	5,60 %
[20 - 10]	119	148 098	16,57 %
[10 - 5]	311	193 515	21,65 %
[5 - 2]	755	238 134	26,64 %
2	791	117 862	13,19 %
1	1439	77 871	8,71 %

5.2. Discussion

Cette section est consacrée à discuter des résultats afin d'en tirer quelques conclusions. Les limites rencontrées lors de la recherche et que les implantations futures sont aussi discutées dans cette section.

Les objectifs de la recherche ont été atteints en partie. En effet, la performance individuelle et collaborative des organisations sous étude a été évaluée. Aussi, la possibilité de mettre en œuvre une collaboration entre les deux organisations a été étudiée. Le cadre proposé

permet aussi de mettre en œuvre et de faire un suivi en continu de la performance. Cependant, ce volet n'a pas été testé dans l'étude de cas de ce mémoire, car d'autres scénarios de collaboration doivent être testés avant d'arriver à cette étape.

Par rapport aux principales économies obtenues lors de l'application du cadre sur le cas d'étude, on peut affirmer que les économies obtenues en individuel et en collaboration lors de la planification des flux de transport sur un horizon de planification de 2 mois avec le volume total offrent des économies intéressantes pour les deux organisations. La planification des flux de transport avec seulement les producteurs à volume prévisible offre certes des économies, mais il serait plus intéressant de travailler avec les autres producteurs pour pouvoir prévoir leurs demandes, ce qui permettra d'aller chercher plus d'économies. Par ailleurs, la planification collaborative avec un volume prévisible et un horizon annuel offre aussi des économies attractives avec des réductions des distances parcourues de l'ordre de 12,26 %, soit 595 528 km de réduction. Cependant, avec un volume prévisible et avec un horizon de planification de 2 mois, la planification collaborative offre 1,79 % de réduction des distances parcourues de plus que la planification individuelle. Il reste à déterminer si, pour les expéditeurs, ces économies sont suffisantes pour justifier un investissement dans la mise en œuvre d'une collaboration ?

5.2.1. Limites de la recherche

D'abord, en raison de l'absence d'une indication du nombre de camions qui ont effectué une livraison à une destination donnée dans les données historiques des deux organisations, il a été important de trouver la meilleure méthode pour calculer ce paramètre. Puisque la capacité maximale d'un camion est de 60 m³ apparents, il est difficile de connaître le nombre de camions qui ont effectué une livraison si, par exemple, le volume livré est de 2 m³ apparents. Est-ce que c'est un camion qui s'est arrêté dans plusieurs points de chargement dans des municipalités différentes ou est-ce un camion qui a effectué des livraisons à plusieurs clients ?

Pour pallier à cette contrainte, plusieurs méthodes ont été testées avant de choisir celle qui apparaissait la plus adéquate. La première méthode proposée est le calcul du nombre de

camions avec l'entier supérieur (et inférieur) du résultat de la division du volume livré par le volume maximal d'un chargement (60 m^3 apparents). Chaque valeur obtenue avec l'entier supérieur (et inférieur) est multipliée encore une fois par le volume maximal de chargement, puis soustraite du volume de livraison initial. Le but ici est de calculer la surestimation (et la sous-estimation) tolérée par cette méthode. Le nombre de camions obtenu avec cette méthode (entier inférieur et supérieur) est multiplié par la distance parcourue (soit en retour en charge ou en route directe) pour obtenir la distance totale parcourue. La différence entre la distance parcourue sans retour en charge et la distance obtenue par la nouvelle planification représente les économies en kilomètre.

Cette méthode a été appliquée en pensant que la surestimation (ou la sous-estimation) des distances parcourues avant la planification sera compensée par la surestimation (ou la sous-estimation) des distances parcourues après la planification. Cependant, les résultats ont montré certaines incohérences. En effet, certaines distances parcourues avec la nouvelle planification ont été supérieures à ceux parcourus avant la planification. Il était évident que la valeur de la surestimation (ou la sous-estimation) des distances parcourues avant la planification ne vient pas compenser celle d'après. Par conséquent, cette méthode n'a pas finalement été retenue.

Deuxièmement, au lieu de calculer le nombre de camions en utilisant l'entier supérieur (ou inférieur) de la division du volume de livraison par la capacité maximale d'un camion, la seconde méthode choisie a été l'utilisation de l'arrondi. Par exemple, si la valeur du nombre de camions après la division est égale à 5,4, alors le nombre de camions va être 5 et s'il est égal à 5,6, alors le nombre de camions va être 6. Cette méthode introduit à la fois une surestimation ou une sous-estimation dépendamment de la valeur de la division.

Le même problème survenu lors de l'utilisation de la première méthode est apparu avec cette méthode. En effet, certaines distances parcourues avec la nouvelle planification ont dépassé certaines distances parcourues sans retours en charge par les deux organisations. Ce qui a démontré que l'utilisation de l'arrondi venait fausser les résultats. Par conséquent, cette méthode n'a pas été choisie non plus.

La dernière méthode testée est l'utilisation de la valeur réelle de la division du volume de livraison par le volume maximal de chargement d'un camion. En effet, il existe des livraisons où le volume a été cueilli à partir de plusieurs municipalités. Alors, même si c'est la même livraison, elle est présente sur plusieurs lignes dans les données historiques des deux organisations. En utilisant la valeur réelle, cette contrainte ne viendra pas fausser les résultats.

Aussi, l'application du cadre sur une seule instance peut être considérée comme une limite. Une démonstration de ce cadre sur d'autres instances serait à prévoir dans l'avenir. Par ailleurs, le fait de travailler avec des données historiques présente aussi quelques limites. Il est en effet possible qu'une entreprise de transformation (une destination) est présente, mais que l'année suivante, elle suspend ses activités. Les économies obtenues seront à revoir puisqu'ils proposent des flux de transport incluant un site qui n'existe plus.

D'autre part, l'instance étudiée dans ces recherches comporte seulement deux organisations, ce qui limite la démonstration des possibilités du cadre proposé sur la taille du groupe de collaboration. En effet, au cas où il y a un désaccord entre les deux organisations, les seules options possibles sont soit de mettre fin à la collaboration ou d'étudier la possibilité d'ajouter d'autres partenaires. Cependant, avec plus de collaborateurs, la possibilité de former des sous-groupes ou de réduire le nombre de partenaires en cas de désaccord pourrait être considérée comme une autre option.

De plus, l'utilisation du centroïde de la municipalité comme lieu de départ d'une livraison vient simplifier la planification des flux de transport. C'est la solution trouvée pour pallier au fait que l'information n'est pas disponible. Finalement, en pratique, la flotte utilisée par les deux organisations est une flotte hétérogène. Cependant, dans le cadre de ces travaux, le type de camion le plus en commun est utilisé.

5.2.2. Implantations futures et possibilités d'améliorations

La première possibilité d'amélioration qui peut être citée concerne le choix du gain minimum qu'un retour en charge doit apporter pour être sélectionné. En effet, ce dernier est un paramètre ajustable du modèle qui doit être sélectionné avec soin. Ce paramètre a été fixé à 5 %, ce qui veut dire que le modèle sélectionnera seulement les retours en charge qui offrent au minimum une réduction de la distance parcourue de l'ordre de 5 %. En effet, le choix d'une valeur inférieure à 5 % conduit à la génération d'un nombre élevé des retours en charge par le modèle, ce qui cause un problème, vu la limite de la capacité de stockage de l'ordinateur utilisé pour l'exécution du modèle. De plus, on peut se questionner à savoir si ça vaut la peine d'aller chercher des retours en charge qui offre des économies si faibles. Cependant, il serait intéressant dans les prochains travaux d'augmenter la valeur de ce paramètre afin de voir son effet sur les résultats, par exemple en le fixant à 10 % ou 15 %.

La seconde possibilité d'amélioration concerne l'horizon de planification des flux de transport. En effet, dans ce mémoire, deux horizons de planification ont été testés, soit une période de planification de deux mois et une seconde période de planification d'une année. Dans les prochains travaux, il serait plus judicieux de choisir des horizons de planification qui sont plus adéquats au secteur de bois, dans la mesure où il serait plus raisonnable de regrouper les mois de la période de dégel dans une seule période, de même pour la période achalandée (hiver) et la période d'été où la demande est stable et moins achalandée que l'hiver.

Un autre point intéressant serait de varier le nombre d'organisations dans la collaboration. Dans ce mémoire, le cas d'étude de la collaboration entre deux organisations a été étudié. Cependant, on peut se questionner à savoir si en augmentant le nombre de partenaires, il serait possible d'obtenir plus d'économies. Plusieurs critères doivent être pris en considération, mais surtout par rapport à la localisation des clients et fournisseurs des nouveaux collaborateurs. Dans la suite des travaux, il serait intéressant d'ajouter un ou

plusieurs collaborateurs aux deux organisations et il serait intéressant de voir l'apport de ce dernier dans l'augmentation des économies de la collaboration.

Aussi, le cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif proposé dans ce mémoire a été testé sur la pratique logistique de retours en charge. Il serait intéressant de valider l'efficacité du cadre avec d'autres pratiques logistiques collaboratives telles que l'utilisation de cours de transfert ou l'échange d'équipements. De même, le cadre proposé a été appliqué dans un cas d'une collaboration horizontale. Cependant, il serait pertinent de le tester sur une collaboration verticale.

En outre, le modèle utilisé pour la planification des flux de transport pourra aussi être amélioré. En effet, quand un retour en charge est déterminé, le modèle compare les volumes de livraison des deux routes directes sélectionnées. La route avec le volume de livraison le plus faible est utilisée pour le retour en charge. Le reste du volume est mis sur une route directe. Par exemple, deux routes directes « A » et « B » sont sélectionnées pour un retour en charge. La route « A » a un volume de livraison de 30 m³ apparents, alors que la route « B » a un volume de 45 m³ apparents. Le retour en charge est planifié avec un volume de livraison de 30 m³ apparents. Le modèle crée par la suite une nouvelle route directe avec les 15 m³ apparents restants. La programmation du modèle peut être modifiée pour obtenir plus d'économies. En effet, le retour en charge pouvait être réalisé avec un volume de 30 m³ apparents dans le chemin aller, et avec 45 m³ apparents lors du chemin de retour, vu que la capacité de livraison maximale est de 60 m³ apparents.

D'autres travaux apparaissent pertinents d'étudier lors des prochaines recherches. Tous d'abord, une analyse approfondie sur la qualité des retours en charge planifiés et de la faisabilité, en pratique, de la réalisation chez les transporteurs des retours en charge avec une faible fréquence, par exemple, selon le tableau 5.5 près de 50 % de l'économie totale provient des retours en charge avec une fréquence annuelle inférieure à 6. Ensuite, il serait intéressant aussi de tester si le cadre est apte à la mise en œuvre simultanée de plus d'une pratique collaborative. Finalement, la mesure de performance considérée dans ce mémoire est économique, il serait pertinent dans le futur de mesurer la performance sur un aspect

social (par exemple : conditions et heures de travail des chauffeurs, en plus de la disponibilité et des préférences des chauffeurs) et sur un aspect environnemental (par exemple, l'émission de gaz à effet de serre).

Par ailleurs, les quatre dernières étapes du cadre proposé n'ont pas été démontrées lors de ce mémoire. Ces étapes sont en relation directe avec l'implantation du cadre proposé sur le terrain. Il existe plusieurs contraintes à surmonter afin d'implanter ce dernier, notamment en ce qui concerne, le cadre légal, la méthode de partage des coûts (partageables et non partageables) et la manière de convaincre les transporteurs d'implanter les retours en charge dans leurs tournées, vu qu'en réduisant les distances parcourues, c'est principalement eux qui vont être financièrement affectés. D'autre part, le fait qu'il y a juste une minorité de producteurs avec un volume prévisible vient réduire les économies potentielles. Un travail avec les autres producteurs de bois sur la possibilité de prévoir leurs productions mènera certainement à de meilleurs résultats comme démontré lors de l'analyse des résultats.

Finalement, il serait intéressant de comparer les économies générées par la collaboration avec les frais perçus par l'organisation tierce, afin de savoir s'il est intéressant d'avoir recours à une collaboration.

CONCLUSION

L'objectif de ce mémoire consistait à proposer un cadre d'évaluation de la performance du transport routier collaboratif qui peut être utilisé par des expéditeurs et des transporteurs. Ce cadre présente 11 étapes séquentielles avec 6 boucles d'ajustements, 5 processus décisionnels et 2 alternatives de fin en cas de désaccord. Le cadre a été démontré partiellement sur un cas d'étude de la collaboration de deux regroupements de producteurs forestiers. Un modèle de planification des flux de transport avec retours en charge a été appliqué sur les données historiques de l'instance, pour calculer et analyser les résultats et pour faire une comparaison de la performance avant et après la planification avec retours en charge.

À la suite de l'analyse, on a pu conclure que l'utilisation des retours en charge dans les activités de transport des deux organisations a permis de quantifier un potentiel de réduction des distances parcourues (en individuelle et en collaboration), et ainsi améliorer la performance. Par conséquent, on peut affirmer que le cadre proposé lors de ce mémoire peut être utilisé par les décideurs comme outil pour évaluer et faire le suivi de la performance en transport routier collaboratif.

Quoique le cadre proposé dans ce mémoire peut être intéressant pour évaluer la performance, ce mémoire comporte certaines limites qu'il est nécessaire d'évoquer. Entre autres, la démonstration du cadre a été réalisée sur une seule instance. De plus, l'utilisation des données historiques présente aussi quelques limites. Finalement, imposée par les limites du cas d'étude, l'utilisation des centroïdes des municipalités comme point de départ des livraisons change plus ou moins les distances parcourues.

Quelques recommandations sont proposées pour la poursuite des travaux. Tout d'abord, il serait intéressant de voir l'impact de l'ajout d'autres partenaires à la collaboration. Ensuite, la performance a été évaluée par l'indicateur de distance parcourue. Il serait pertinent d'utiliser d'autres indicateurs pour mesurer la performance. Par la suite, il serait approprié de tester d'autres pratiques logistiques. Finalement, il serait aussi intéressant de compléter la démonstration du cadre, afin de valider que le cheminement des étapes du

cadre est exhaustif et permet de répondre à l'ensemble des situations raisonnablement envisageables lors du suivi de la performance du transport routier collaboratif.

RÉFÉRENCES

- Audy, J.-F., Lehoux, N., D'Amours, S., & Rönnqvist, M. (2012). A framework for an efficient implementation of the logistics collaborations. *International Transactions in Operational Research*, 19(5), 633-657.
- Audy, J.-F., D'Amours, S., & Rousseau, L.-M. (2011). Cost allocation in the establishment of a collaborative transportation agreement: an application in the furniture industry. *The Journal of the Operational Research Society*, 62(6), 960-970.
- Bagchi, P. K. (1996). Role of benchmarking as a competitive strategy: the logistics experience. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 26(2), 4-22.
- Bahrami, K. (2002). Improving supply chain productivity through horizontal cooperation: the case of consumer goods manufacturers. In *Cost management in supply chains*. Physica, Heidelberg. 213-232.
- Bailey, E., Unnikrishnan, A., & Lin, D. Y. (2011). Models for minimizing backhaul costs through freight collaboration. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2224), 51-60.
- Barratt, M. (2004). Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply Chain Management: An international journal*, 9(1), 30-42.
- Bartlett, C., & Ghoshal, S. (2004). Managing across boundaries: the collaborative challenge. *Text, cases and readings in cross-border management*, 403-502.
- Bleeke, J., & Ernst, D. (1995). Is your strategic alliance really a sale?. *Harvard Business Review*, 73(1), 97-105.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., Cooper, M., & Bowersox, J. (2013). *Supply Chain Logistics Management*. Financial Times, Prentice Hall, 4ème édition.

- Carlsson, D., & Rönnqvist, M. (2007). Backhauling in forest transportation: models, methods, and practical usage. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(12), 2612-2623.
- Carlsson, D., & Rönnqvist, M. (1998) Tactical planning of forestry transportation with respect to backhauling. In Linköping Institute of Technology; Suède: Linköping, 98(13).
- Cruijssen, F., Cools, M., & Dullaert, W. (2007). Horizontal cooperation in logistics: opportunities and impediments. *Transportation Research Part E : Logistics and Transportation Review*, 43(2), 129-142.
- Environnement et Changement climatique Canada, (2016). Rapport d'inventaire national 1990-2014 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Consultée le 16 novembre 2016, tiré de www.ec.gc.ca/ges-ghg/default.asp?lang=Fr&n=662F9C56-1.
- Dorval, J.S. (2015). Réingénierie du transport forestier : Cas d'étude et modèles collaboratifs. Mémoire de maîtrise, Université Laval.
- Ergun, O., Kuyzu, G., & Savelsbergh, M. (2007a). Reducing truckload transportation costs through collaboration. *Transportation science*, 41(2), 206-221.
- Ergun, Ö., Kuyzu, G., & Savelsbergh, M. (2007b). Shipper collaboration. *Computers & Operations Research*, 34(6), 1551-1560.
- Eriksson, J., & Rönnqvist, M. (2003). Decision support system/tools: Transportation and route planning: Åkarweb: a web based planning system. L'Institut de la recherche forestière de la Suède, Växjö, Suède, 48-57.
- Esper, T. L., & Williams, L. R. (2003). The value of collaborative transportation management (CTM): its relationship to CPFR and information technology. *Transportation journal*, 55-65.
- Fawcett, S. E., Osterhaus, P., Magnan, G. M., Brau, J. C., & McCarter, M. W. (2007). Information sharing and supply chain performance: the role of connectivity and willingness. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(5), 358-368.

Forsberg, M., Frisk, M., & Rönnqvist, M. (2005). FlowOpt: A decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry. *International Journal of Forest Engineering*, 16(2), 101-114.

Forsberg, M. (2003). Cost-effective roundwood haulage. Skogforsk, Resultat no, 12.

Frayret, J. M. (2009). A multidisciplinary review of collaborative supply chain planning. In *Systems, Man and Cybernetics. IEEE International Conference*, 4414-4421.

Frayret, J. M., D'Amours, F., & D'Amours, S. (2003). Collaboration et outils collaboratifs pour la PME manufacturière. Cerfio, Telus.

Frisk, M., Göthe-Lundgren, M., Jörnsten, K., & Rönnqvist, M. (2010). Cost allocation in collaborative forest transportation. *European Journal of Operational Research*, 205(2), 448-458.

Garcia, F. A., Marchetta, M. G., Camargo, M., Morel, L., & Forradellas, R. Q. (2012). A framework for measuring logistics performance in the wine industry. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 284-298.

Gingras, C., Cordeau, J. F., & Laporte, G. (2007). Un algorithme de minimisation du transport à vide appliqué à l'industrie forestière. *Information Systems and Operational Research*, 45(1), 41-47.

Guajardo, M., & Rönnqvist, M. (2016). A review on cost allocation methods in collaborative transportation. *International Transactions in Operational Research*, 23(3), 371-392.

Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International journal of production economics*, 87(3), 333-347.

Gunasekaran, A., Patel, C., & Tirtiroglu, E. (2001). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International journal of operations & production Management*, 21(1/2), 71-87.

Hill, N., Van Essen, H., Smokers, R., & Skinner, I. (2010). EU Transport GHG : routes to 2050. Towards the Decarbonisation of the EU's Transport Sector by 2050.

Hua, X., Brinkhoff, A., Großpietsch, J., Losdat, C., Nyssens, J.A., & Weng, J. (2012). Collaboration today and tomorrow-taking the right steps on the path to impact. ECR Europe/McKinsey & Company survey.

Krakovics, F., Leal, J. E., Mendes, P., & Santos, R. L. (2008). Defining and calibrating performance indicators of a 4PL in the chemical industry in Brazil. *International Journal of Production Economics*, 115(2), 502-514.

Krauth, E., Moonen, H., Popova, V. et Schut, M., (2005 a). Performance Measurement and Control in Logistics Service Providing. *ICEIS* (2), 239-247.

Krauth, E., Moonen, H., Popova, V., & Schut, M. (2005 b). Performance indicators in logistics service provision and warehouse management: A literature review and framework. *Euroma International Conference*, 19-22.

La commission européenne (2011). EU transport in figures. Office de publication de l'union européenne. Consulté le 15 juin 2016, tiré de <http://ec.europa.eu/transport/factsfindings/statistics/doc/2011/pocketbook2011.pdf>.

Lehoux, N., D'Amours, S., & Langevin, A. (2014). Inter-firm collaborations and supply chain coordination: review of key elements and case study. *Production Planning & Control*, 25(10), 858-872.

Liu, D., Roberto Boër, C., Sacco, M., & Fornasiero, R. (2006). A networked engineering portal to support distributed supply chain partnership. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 19(2), 91-103.

- Lyons, A. C., Mondragon, A. E. C., Piller, F., & Poler, R. (2012). Network collaboration: vertical and horizontal partnerships. In *Customer-Driven Supply Chains*. Springer London, 95-111.
- Marques, A. F., Olmo, B., Audy, J. F., & Rocha, P. (2015). A comprehensive framework for developing inter-firm collaboration – A study of the forest-based supply chain. *J-FOR journal of science & technology for forest products and processes*, 5(5), 51-64.
- Mason, R., Lalwani, C., & Boughton, R. (2007). Combining vertical and horizontal collaboration for transport optimisation. *Supply Chain Management : An International Journal*, 12(3), 187-199.
- Matopoulos, A., Vlachopoulou, M., Manthou, V., & Manos, B. (2007). A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agri-food industry. *Supply Chain Management: an international journal*, 12(3), 177-186.
- McCain, R. A. (2008). Cooperative games and cooperative organizations. *The Journal of Socio-Economics*, 37(6), 2155-2167.
- Moutaoukil, A., Derrouiche, R., & Neubert, G. (2012). Pooling Supply Chain: literature review of collaborative strategies. In *Working Conference on Virtual Enterprises* 513-525. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Palander, T., & Väätäinen, J. (2005). Impacts of interenterprise collaboration and backhauling on wood procurement in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20(2), 177-183.
- Paulraj, A., Lado, A. A., & Chen, I. J. (2008). Inter-organizational communication as a relational competency: Antecedents and performance outcomes in collaborative buyer-supplier relationships. *Journal of operations management*, 26(1), 45-64.
- Publications Québec (Mis-à-jour en 2017). Code de la sécurité routière. Règlement sur les heures de conduite et de repos des conducteurs de véhicules lourds. LégisQuébec.

Consulté le 29 novembre 2017, tiré de <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/C-24.2,%20r.%2028>

Puodžiūnas, M., Rönnqvist, M., & Fjeld, D. (2004). The potential for improvement of tactical planning of round wood transport in Lithuanian state forest enterprises. *Baltic Forestry*, 10(1), 79-88.

Quélin, B. (2002). *Les frontières de la firme*. Paris : Economica.

Ramaa, A., Rangaswamy, T. M. et Subramanya, K. N. (2009). A Review of Literature on Performance Measurement of Supply Chain Network. Deuxième Conférence internationale sur les tendances émergentes dans l'ingénierie et la technologie, IEEE, 802-807.

Saenz, M. J., Ubaghs, E., & Cuevas, A. I. (2015). *Enabling Horizontal Collaboration through Continuous Relational Learning*. Springer.

Schönsleben, P., (2012). *Integral Logistics Management: Operations and Supply Chain Management Within and Across Companies* (4e ed.). US: CRC Press.

Simatupang, T. M., & Sridharan, R. (2002). The collaborative supply chain. *The international journal of logistics management*, 13(1), 15-30.

Smith, M., Apfel, A.L. et Mitchell, R., (2006), *The Gartner Business Value Model: A Framework for Measuring Business Performance*. Gartner Research. Gartner Inc.

Statistique Canada (2016). Base de données socioéconomiques de Statistique Canada. Tableau 326-0021 et produits nos 62-001-X, 62-010-X et 62-557-X au catalogue. Site consulté le 17 Décembre 2017, tiré de <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/102/cst01/econ46a-fra.htm>.

Statistique Canada (2016). Tableau 282-0008 - Enquête sur la population active (EPA), estimations selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), le sexe et le groupe d'âge, annuel, CANSIM (base de données). (Site consulté : le 03 novembre 2016).

Statistique Canada (2016). Tableau 282-0072 - Enquête sur la population active (EPA), estimations du salaire des employés selon le genre de travail, le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), le sexe et le groupe d'âge, annuel, CANSIM (base de données). (Site consulté : le 03 novembre 2016)

Statistique Canada (2015). Totalisation spéciale, données non publiées, non classifiées exclues. Statistiques relatives à l'industrie canadienne, transport par camion. Site consulté le 12 Mars 2017, tiré de <https://www.ic.gc.ca/app/scr/app/cis/businesses-entreprises/484>.

Council, S. C. (2010). Supply chain operations reference (SCOR) model. Inc. Cypress, Texas, Estados Unidos.

Toth, P. et Vigo, D. (2001). The Vehicle Routing Problem. Vol. 9, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, SIAM, Philadelphia, PA.

Vanovermeire, C., Sörensen, K., Van Breedam, A., Vannieuwenhuyse, B., & Verstrepen, S. (2014). Horizontal logistics collaboration: decreasing costs through flexibility and an adequate cost allocation strategy. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 17(4), 339-355.

ANNEXE I

Essence	Utilisation	Unité	Facteur de conversion en m ³ apparents
Pâtes et autres résineux	Pâtes & Papiers	TMA RE	3.143
Pâtes	Pâtes & Papiers	TMA FE	2.600
Pâtes	Pâtes & Papiers	TMA TR	3.140
Pâtes	Pâtes & Papiers US	TIV SE	1.644
Pâtes	Pâtes & Papiers US	8' FE	7.250
Pâtes	Pâtes & Papiers US	TIV FE	1.450
Pâtes	Pâtes & Papiers US	TIV AR	1.514
Pâtes	Pâtes & Papiers US	TIV TR	1.514
Palettes Feuillus	Sciage & Déroulage	102'' FE	7.250
Palettes Tremble	Sciage & Déroulage	102'' TR	7.250
Palettes Feuillus	Sciage & Déroulage	92'' FE	7.250
Palettes Tremble	Sciage & Déroulage	92'' TR	7.250
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	10' SEB	9.056
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	6' SEB	5.433
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	9' SEB	8.156
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	MCS SE	1.500
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	8' SEB	7.250
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	MPMPSE	8.200
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	TIV SE	1.644
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	TMV SE	1.811
Sciage Sapin/Épinette	Sciage & Déroulage	1000SE	0.820

Tableau d'annexe 1.a : Facteur de conversion de différents types de bois en m³ apparents

Essence	Utilisation	Unité	Facteur de conversion en m³ apparents
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	10' AR	9.070
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	50' CED	3.625
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	6' AR	5.443
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	8' AR	7.250
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	MPMPAR	8.200
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	PIECES	0.084
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	TIV AR	1.514
Sciage cèdre	Sciage & Déroulage	TMV AR	1.671
Sciage Mélèze - ÉP. rouge	Sciage & Déroulage	102'' AR	7.250
Sciage Mélèze - ÉP. rouge	Sciage & Déroulage	8' AR	7.250
Sciage Mélèze - ÉP. rouge	Sciage & Déroulage	92''	7.250
Sciage Mélèze - ÉP. rouge	Sciage & Déroulage	MPMPAR	8.200
Sciage PIN	Sciage & Déroulage	8' AR	7.250
Sciage PIN	Sciage & Déroulage	MPMPAR	8.200
Sciage PIN	Sciage & Déroulage	TMV AR	1.671
Sciage PIN gris	Sciage & Déroulage	10' AR	9.071
Sciage PIN rouge	Sciage & Déroulage	PIECES	0.084
Sciage PIN rouge	Sciage & Déroulage	TIV AR	1.514
Sciage PIN rouge	Sciage & Déroulage	M/LBS	0.760
Sciage PIN pruche	Sciage & Déroulage	MPMPAR	8.200
Sciage Feuillus	Sciage & Déroulage	8' FE	7.250
Sciage Feuillus	Sciage & Déroulage	MPMPFE	8.200
Sciage Tremble	Sciage & Déroulage	8' TR	7.250

Tableau d'annexe 1.b : Facteur de conversion de différents types de bois en m³ apparents

ANNEXE II

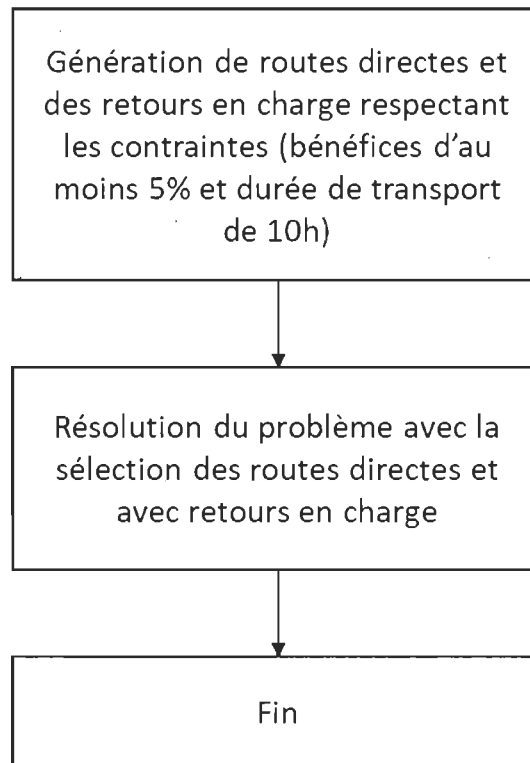


Figure d'annexe 1 : Modèle simplifié de Carlsson et Rönnqvist (2007).

ANNEXE III

Exemple des fichiers intrants et extrants du modèle de planification des flux de transport avec retours en charge

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
2	S1	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
3	S2	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
4	S3	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
5	S4	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
6	S5	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
7	S6	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
8	S7	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
9	S8	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
10	S9	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
11	S10	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
12	S11	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
13	S12	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
14	S13	113.232	81.831	81.005	230.535	92.411	172.059	179.185	116.65	138.418	234.931	65.815	237.522
15	S14	93.715	139.764	138.938	242.478	150.344	153.153	160.279	109.285	75.579	189.087	46.298	172.894

Figure d'annexe 2 : Exemple du fichier *Distance* représentant une entrée du modèle

	A	B	C	D	E
1	Demand	Longitude	Latitude	Sup_dem	Product
2	D1	0	0	106.09	A1
3	D2	0	0	13449.26	A2
4	D3	0	0	197.97	A3
5	D4	0	0	1032.32	A4
6	D5	0	0	1389.52	A5
7	D6	0	0	391.68	A6
8	D7	0	0	2798.68	A7
9	D8	0	0	192.23	A8
10	D9	0	0	1591.06	A9
11	D10	0	0	453.01	A10
12	D11	0	0	93.57	A11
13	D12	0	0	2158.01	A12
14	D13	0	0	15504.42	A13
15	D14	0	0	624.49	A14
16	D15	0	0	3232.84	A15
17	D16	0	0	11436.37	A16
18	D17	0	0	11294.35	A17

Figure d'annexe 3 : Exemple du fichier *Demand* représentant une entrée du modèle

	A	B	C	D	E
1	Supplier	Longitude	Latitude	sup_dem	product
2	S1	0	0	-82.37	A57
3	S2	0	0	-372.92	A51
4	S3	0	0	-1046.5	A45
5	S4	0	0	-1257.77	A44
6	S5	0	0	-89.08	A42
7	S6	0	0	-69.86	A41
8	S7	0	0	-2894.88	A39
9	S8	0	0	-206.88	A38
10	S9	0	0	-746.91	A30
11	S10	0	0	-143.58	A22
12	S11	0	0	-57.54	A16
13	S12	0	0	-1791.39	A60
14	S13	0	0	-106.09	A1
15	S14	0	0	-1898.5	A57
16	S15	0	0	-22.82	A55
17	S16	0	0	-69.87	A51
18	S17	0	0	-34.66	A48

Figure d'annexe 4 : Exemple du fichier *Supply* représentant une entrée du modèle

param_route.dat - Bloc-notes						
Fichier	Edition	Format	Affichage	?		
param route (tr):						
	D1	D2	D3	S1	S2	S3
R1	1	0	0	-1	0	0
R2	0	1	0	0	-1	0
R3	0	0	1	0	0	-1
R4	1	0	0	0	-1	0
R5	1	0	0	0	0	-1
R6	0	1	0	-1	0	0
R7	0	1	0	0	0	-1
R8	0	0	1	-1	0	0
R9	0	0	1	0	-1	0

Figure d'annexe 5 : Exemple du fichier *param_route* généré par le modèle

backhaul.txt - Bloc-notes				
Fichier	Edition	Format	Affichage	?
flow_dir [*] :=				
R1	50.37	R2	48.03	
R4	28.59			
;				
flow_back [*] :=				
R17	12.93	R19	57.54	
R22	781.825			
;				

Figure d'annexe 6 : Exemple du fichier *backhaul* généré par le modèle