

L'ÉVALUATION DES RISQUES D'ACCIDENTS DES TRANSPORTEURS ROUTIERS : DES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Georges Dionne, Denise Desjardins et Jean Pinquet

Volume 67, numéro 3, 1999

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1105279ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1105279ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0004-6027 (imprimé)

2817-3465 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Dionne, G., Desjardins, D. & Pinquet, J. (1999). L'ÉVALUATION DES RISQUES D'ACCIDENTS DES TRANSPORTEURS ROUTIERS : DES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES. *Assurances*, 67(3), 449–477. <https://doi.org/10.7202/1105279ar>

Résumé de l'article

L'objectif de cette étude est d'analyser les accidents routiers des véhicules commerciaux motorisés (entreprises de transport par camion et par autobus). Nous voulons particulièrement vérifier comment les activités de prévention routière des propriétaires et des conducteurs affectent les taux d'accidents. Nous considérons également plusieurs autres facteurs explicatifs comme la taille de la flotte, son exposition au risque et son secteur d'activité. Les caractéristiques des véhicules sont également prises en considération.

L'ÉVALUATION DES RISQUES D'ACCIDENTS DES TRANSPORTEURS ROUTIERS: DES RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Georges Dionne, Denise Desjardins et Jean Pinquet

RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est d'analyser les accidents routiers des véhicules commerciaux motorisés (entreprises de transport par camion et par autobus). Nous voulons particulièrement vérifier comment les activités de prévention routière des propriétaires et des conducteurs affectent les taux d'accidents. Nous considérons également plusieurs autres facteurs explicatifs comme la taille de la flotte, son exposition au risque et son secteur d'activité. Les caractéristiques des véhicules sont également prises en considération.

Mots clés: Véhicules commerciaux, risques, points d'inaptitude, sécurité routière, exposition au risque.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze road accidents of commercial motor vehicles (trucking and buses carriers). Particularly, we want to verify how the safety activities of both the carriers and the drivers affect the accident rates. We also consider many other factors such as the size of the fleets, their risk exposure and their activity sector. Characteristics of the vehicles are also taken into account.

Keywords: Commercial vehicles, risks, demerit points, road safety, risk exposure.

Les auteurs:

Georges Dionne est professeur de finance, titulaire de la Chaire de gestion des risques à l'École des HEC et chercheur associé au Centre de recherche sur les transports de l'Université de Montréal.

Denise Desjardins est professionnelle de recherche au Centre de recherche sur les transports de l'Université de Montréal.

Jean Pinquet est professeur à l'Université de Paris X-Nanterre et chercheur au THEMA.

Cette recherche a été financée par la Société de l'Assurance Automobile du Québec et le ministère des Transports du Québec dans le cadre du programme d'action concertée FCAR-MTQ-SAAQ sur la sécurité routière. Elle a été présentée au colloque de la Prévention Routière tenu à Paris le 4 mai 1999, à la 1^{re} Conférence canadienne sur la sécurité routière à Halifax le 10 mai 1999 et au congrès de la Société canadienne de science économique tenu à Hull, le 13 mai 1999.

Les auteurs remercient un arbitre pour ses commentaires constructifs.

■ INTRODUCTION

Plusieurs études ont analysé le comportement des conducteurs de véhicules routiers, mais très peu ont abordé la problématique des flottes de véhicules. Au Québec, le bilan des victimes d'accidents impliquant des camions lourds et des autobus de l'année 1996 est plutôt négatif en comparaison de celui des autres véhicules en circulation.

TAUX DE VICTIMES POUR 10 MILLIONS DE KILOMÈTRES PARCOURUS SELON LA NATURE DES BLESSURES ET LE TYPE DU VÉHICULE POUR L'ANNÉE 1996

Type de véhicule	Taux de victimes / 10 millions de kilomètres parcourus			
	Mortels	Graves	Légers	TOTAL
Camion lourd et tracteur routier	0,3	0,9	4,6	5,8
Autobus autre que scolaire	0,4	1,9	16,3	18,5
Autobus scolaire	0,2	1,1	7,8	9,0
Automobile et camion léger	0,1	0,7	5,5	6,3

Source: Dossier statistique Bilan 1997 Des taxis, des autobus et des camions et tracteurs routiers, SAAQ, 1998.

Les rares études que nous avons pu consulter sont limitées au comportement des conducteurs des véhicules. C'est oublier que les propriétaires peuvent influencer les taux d'accidents de leurs flottes. Ce sont, en général, les propriétaires qui prennent les décisions sur l'entretien mécanique des véhicules, les surcharges, les dimensions excédentaires, l'arrimage des charges... C'est du moins ce que reconnaît la réglementation actuelle en identifiant les différentes infractions face à ces activités comme étant des infractions transporteurs. Les comportements de prévention peuvent varier d'un secteur d'activité à un autre, d'une taille d'entreprise à une autre et même selon les types de véhicules.

Le but de notre projet de recherche était de développer une méthodologie permettant d'évaluer les risques d'accidents des transporteurs routiers et d'appliquer le modèle à des données québécoises. Le modèle développé tient compte des risques des conducteurs de véhicules lourds et il intègre différents facteurs explicatifs des accidents des véhicules aux propriétaires des véhicules et à leurs conducteurs, dont les comportements délinquants. En particulier, nous tenons compte des infractions transporteurs et des infractions

conducteurs pour expliquer les accidents des véhicules. Les secteurs d'activité de même que les types d'utilisation des véhicules sont pris en compte explicitement. Les analyses ont été réalisées séparément pour les camions et les autobus.

Pour réaliser cette étude, nous avons eu accès à toutes les données disponibles à la Société de l'assurance automobile du Québec (SAAQ) durant les années 1995 et 1996. En collaboration avec des membres du personnel de la SAAQ, nous avons développé une procédure pour relier toutes les informations pertinentes à la sécurité routière en utilisant les véhicules comme unité d'observation de base. Nous n'avons pas utilisé les conducteurs, car les fichiers de la SAAQ ne contiennent pas d'informations permettant d'établir des liens entre les transporteurs et les conducteurs qui n'ont pas eu d'accident ni d'infraction. La procédure de construction de la base de données est décrite dans la section suivante.

Dans une deuxième étape, nous avons développé le modèle statistique permettant de relier les infractions des conducteurs et celles des transporteurs aux risques d'accidents que représentent les véhicules des transporteurs. Nous avons choisi d'estimer les fréquences des accidents des véhicules des flottes pour mesurer les risques des flottes car cette unité d'observation est la plus naturelle pour tenir compte de l'exposition au risque.

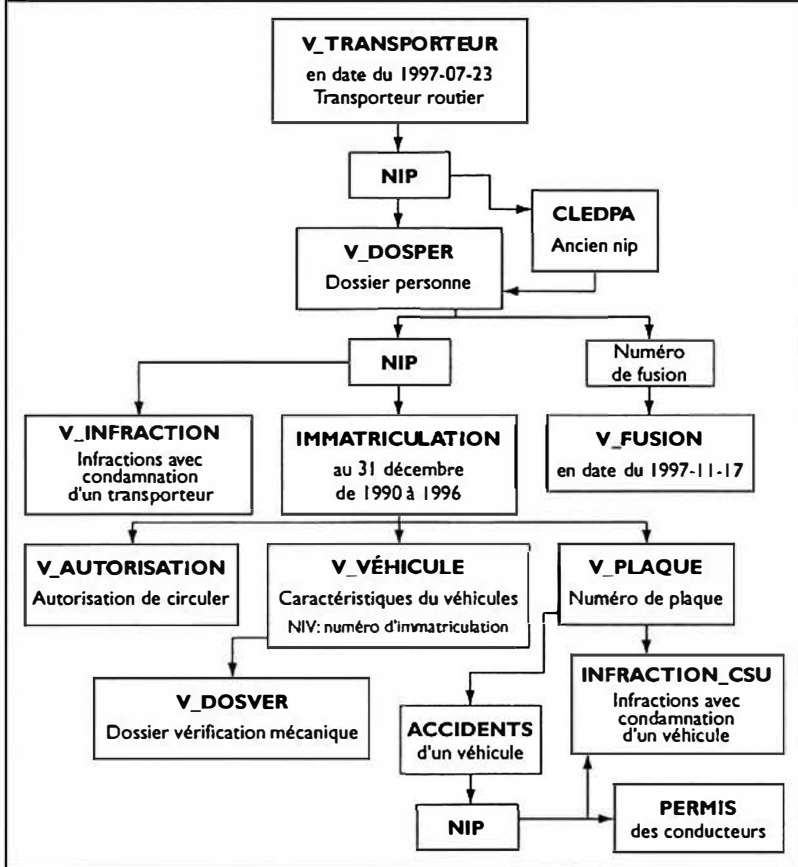
Nous montrons que des infractions des deux types (transporteur et conducteur) accumulées en 1995 sont significatives pour expliquer les accidents des entreprises de camionnage en 1996. Les résultats sont beaucoup moins significatifs pour les flottes d'autobus.

Cet article est divisé en trois sections. Dans la première section, nous présentons les données et dans la deuxième section, nous abordons le modèle économétrique utilisé pour estimer les fréquences d'accidents. Dans la troisième section, nous discutons des principaux résultats de l'étude. Une courte conclusion résume les résultats.

■ DONNÉES DE L'ÉTUDE

Pour répondre aux objectifs de l'étude, nous avons créé une banque de données à partir des fichiers de la Société d'Assurance Automobile du Québec (SAAQ). Notre démarche est résumée dans le schéma 1. Le point de départ est l'ensemble des transporteurs inscrits dans la table V_TRANSPORTEUR en date du 23 juillet 1997.

SCHEMA I



Pour qu'un transporteur soit inscrit dans la table, il doit être propriétaire ou locataire à long terme d'un ou plusieurs véhicules éligibles, ou avoir commis une infraction de type transporteur. Pour des raisons administratives, un transporteur peut commettre une infraction avant d'avoir été enregistré comme propriétaire ou locataire à long terme.

Les numéros d'identification personnels (nip) ont été extraits de la table V_TRANSPORTEUR pour former un fichier «NIP», et par ce fichier, on est allé chercher l'enregistrement dossier personne (ou transporteur) correspondant de la table V_DOSPER. Un NIP est un numéro séquentiel pour identifier un transporteur. Les numéros d'identification personnels de la table V_TRANSPORTEUR qui ne se

trouvaient pas dans la table V_DOSPER ont été filtrés par le fichier «CLEDDPA» qui relie les anciens et les nouveaux numéros d'identification personnels (nip). De plus, pour les dossiers personnes ayant un numéro de fusion, l'enregistrement de la table V_FUSION a été extrait.

À partir du fichier «NIP», les autorisations de circuler de tous les véhicules de la base (V_AUTORISATION), les informations sur chaque véhicule (V_VÉHICULE) et les informations concernant les données de la plaque reliée à une autorisation de circuler (V_PLAQUE) ont été extraites du système d'immatriculation (V_IMMATRICULATION) de même que les infractions avec condamnation d'un transporteur routier (V_INFRACTION).

À partir du numéro de plaque des véhicules extrait du système d'immatriculation, les accidents et les infractions pour lesquelles un conducteur a été condamné ont été retirés des tables correspondantes: ACCIDENT et INFRACTIONS_CSU. Du numéro d'identification personnel provenant de la table ACCIDENT, d'autres infractions avec condamnation d'un conducteur ont été extraites de la table INFRACTION_CSU. Nous avons aussi extrait des informations de la table PERMIS.

Finalement, à partir du db-key (cet élément permet de faire des liens entre les différentes tables lorsqu'il n'y a pas d'identifiant unique entre elles) des véhicules du système d'immatriculation, les informations concernant les données du dossier vérification mécanique (V_DOSVER) ont été reliées aux véhicules correspondants.

À partir du numéro d'identification personnel (nip) inscrit dans les tables suivantes :

1. V_DOSPER (NIP dossier personne);
2. CLEDDPA (Ancien NIP);
3. V_FUSION (NIP fusionnés et NIP résultant d'une fusion);
4. V_TRANSPORTEUR (NIP transporteur),

nous avons créé un numéro d'identification personnel du transporteur résultant nommé TRNIP. Cette étape a été nécessaire car un même transporteur pouvait avoir jusqu'à vingt-huit NIP différents (incluant les NIP fusionnés). Un fichier «IDENT» a été construit contenant 153 903 lignes, c'est-à-dire 153 903 NIP différents pour 117 227 TRNIP (Transporteur NIP résultant) différents pour identifier le transporteur.

Pour les analyses de ce projet, la période d'observation des accidents et des caractéristiques des transporteurs et des véhicules est du 1^{er} janvier au 31 décembre 1996. Nous avons sélectionné les véhicules éligibles ayant au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996. Pour pouvoir calculer le nombre d'infractions avec condamnation pour un transporteur routier ainsi que le nombre d'infractions avec condamnation par les conducteurs d'un véhicule éligible mais commises en 1995, il a fallu également sélectionner les véhicules éligibles ayant au moins un jour d'autorisation de circuler en 1995.

Le fichier « VEH_96 » est l'unité de base, car nous n'avons considéré que les transporteurs routiers ayant au moins un véhicule éligible avec au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996.

Pour chaque véhicule éligible ayant au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996, nous avons calculé le nombre d'accidents totaux et ceux avec blessés et morts seulement en 1996. Pour les véhicules éligibles ayant au moins un jour d'autorisation de circuler en 1995, nous avons calculé le nombre d'infractions avec condamnation par le transporteur mais commises en 1995 avec le dit véhicule et le nombre d'infractions avec condamnation des conducteurs et également commises en 1995 avec le dit véhicule.

Finalement, nous avons vérifié la concordance entre les dates de création et de fin (statut inactif) du transporteur routier, et les dates de début, d'annulation et d'expiration de l'autorisation de circuler en 1996 du véhicule, incluant la date de fusion d'entreprises s'il y a lieu. 3 % des véhicules ont été éliminés car il n'y avait pas de concordance entre les dates. Par exemple, un véhicule pouvait avoir une autorisation de circuler en 1996 depuis plus de 3 mois après que le transporteur soit inactif, ou depuis plus de 3 mois avant que le transporteur soit créé.

Les informations concernant le transporteur routier et les caractéristiques du véhicule ont été reliées ensemble pour obtenir le fichier « VEH_F_96 ». Ce fichier contient 143 744 véhicules éligibles ayant eu au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996 et dont les dates de création et de fin du transporteur concordent avec celles des autorisations. Ces véhicules sont associés à 52 662 transporteurs routiers.

Notre population d'étude contient donc 52 662 transporteurs routiers ayant au moins un véhicule éligible avec au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996. Le Tableau 1 donne la répartition des transporteurs routiers selon leur secteur économique d'activité. Parmi les 52 662 transporteurs, 95,5 % d'entre eux œuvrent dans le transport des biens et 3,9 % d'entre eux œuvrent dans le transport des personnes.

TABLEAU 1
SECTEURS ÉCONOMIQUES D'ACTIVITÉS
DES 52 662 TRANSPORTEURS ROUTIERS

Secteurs d'activités en 1996	Nombre	%
Transport en commun urbain	31	0,06
Transport en commun interurbain	282	0,54
Transport par autobus scolaire	992	1,88
Transport de personnes avec autobus privé	771	1,46
Camionnage public général	2 667	5,06
Camionnage public en vrac	6 472	12,29
Camionnage pour compte propre	41 158	78,16
Entreprise de location à court terme	131	0,25
Inconnue	158	0,30
Ensemble des transporteurs	52 662	100,00

Le Tableau 2 donne la répartition du nombre de véhicules éligibles ayant au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996 par un transporteur routier. Près de deux tiers des transporteurs ont un véhicule éligible au cours de l'année 1996, 16,5 % ont 2 véhicules éligibles et seulement 1,3 % ont plus de 20 véhicules éligibles.

TABLEAU 2
NOMBRE DE VÉHICULES ÉLIGIBLES AYANT AU MOINS UN JOUR
D'AUTORISATION DE CIRCULER EN 1996 PAR TRANSPORTEUR

Taille de la flotte en 1996	Nombre	%
1 véhicule	34 101	64,8
2 véhicules	8 676	16,5
3 véhicules	3 424	6,5
4 à 5 véhicules	2 798	5,3
6 à 9 véhicules	1 833	3,5
10 à 20 véhicules	1 140	2,2
21 à 50 véhicules	480	0,9
51 à 150 véhicules	163	0,3
151 à 400 véhicules	34	0,1
401 véhicules et plus	13	0,0
Ensemble des transporteurs	52 662	100,0

Le Tableau 3 donne la répartition de la taille de la flotte en années-véhicules du transporteur pour l'année 1996. Les années-véhicules sont égales à la somme des jours où les véhicules d'un transporteur étaient autorisés à circuler en 1996 divisée par 365. On retrouve 13,2 % des 52 662 transporteurs ayant moins de 0,5 année-véhicule pour l'année 1996, 60,2 % d'entre eux ayant 1 année-véhicule et seulement 1 % des transporteurs routiers dont la taille de la flotte est supérieure à 20 années-véhicules.

TABLEAU 3
NOMBRE D'ANNÉES-VÉHICULES ÉLIGIBLES ARRONDI¹ AU NOMBRE
NATUREL LE PLUS PROCHE PAR TRANSPORTEUR ROUTIER EN 1996

Taille de la flotte en 1996 en années-véhicules (arrondies au nombre naturel le plus proche)	Nombre	%
Moins de 0,5 année-véhicule	6 959	13,2
1 année-véhicule	31 689	60,2
2 années-véhicules	6 341	12,0
3 années-véhicules	2 588	4,9
4 à 5 années-véhicules	2 235	4,2
6 à 9 années-véhicules	1 371	2,6
10 à 20 années-véhicules	940	1,8
21 à 50 années-véhicules	376	0,7
51 à 150 années-véhicules	127	0,2
151 à 400 années-véhicules	27	0,1
401 années-véhicules et plus	9	0,0
Ensemble des transporteurs	52 662	100,0

1. Sauf pour une taille inférieure à un où le nombre a été arrondi à 0,5.

Une mesure d'exposition au risque est le kilométrage parcouru du véhicule. Lors du contrôle de vérification mécanique obligatoire des véhicules assujettis à ce contrôle, une lecture de l'odomètre est inscrite sur le certificat de vérification, lequel est enregistré dans la table V_DOSVER. Des critères de sélection ont été élaborés pour ne conserver que les observations utilisables pour l'estimation du kilométrage moyen correspondant au nombre de jours que le véhicule est autorisé à circuler en 1996.

Nous retrouvons 28 538 transporteurs routiers ayant au moins un véhicule avec une estimation du kilométrage, soit 54 % des 52 662 transporteurs de notre population de 1996. Le Tableau 4

donne la répartition de ces 28 538 transporteurs routiers selon leur secteur économique d'activité. Parmi les 28 538 transporteurs, 94,3 % d'entre eux œuvrent dans le transport des biens (1,2 % de moins que notre population de 1996) et 5,1 % d'entre eux œuvrent dans le transport des personnes (1,2 % de plus que notre population de 1996).

TABLEAU 4
SECTEURS ÉCONOMIQUES D'ACTIVITÉS DES
28 538 TRANSPORTEURS ROUTIERS AYANT AU MOINS
UN VÉHICULE AVEC UNE ESTIMATION DU KILOMÉTRAGE EN 1996

Secteurs d'activités en 1996	Nombre	%
Transport en commun urbain	26	0,09
Transport en commun interurbain	201	0,70
Transport par autobus scolaire	772	2,71
Transport de personnes avec autobus privé	450	1,58
Camionnage public général	1 775	6,22
Camionnage public en vrac	3 865	13,54
Camionnage pour compte propre	21 275	74,55
Entreprise de location à court terme	101	0,35
Inconnue	73	0,26
Ensemble des transporteurs	28 538	100,00

Le Tableau 5 donne la répartition des transporteurs ayant au moins un véhicule avec l'estimation du kilométrage et ceux qui n'ont aucun véhicule avec l'estimation du kilométrage selon le nombre de véhicules éligibles ayant au moins un jour d'autorisation de circuler en 1996 qu'un transporteur routier possède ou utilise. Pour plus de la moitié des transporteurs qui ont un véhicule éligible au cours de l'année 1996, l'estimation du kilométrage du véhicule est inconnue.

Le Tableau 6 donne la répartition des transporteurs ayant au moins une année-véhicule avec l'estimation du kilométrage et ceux qui n'ont aucune année-véhicule avec l'estimation du kilométrage selon la taille de la flotte en années-véhicules du transporteur pour l'année. Pour près de la moitié des transporteurs qui ont une année-véhicule, l'estimation du kilométrage est inconnue.

TABLEAU 5

RÉPARTITION DES TRANSPORTEURS AYANT AU MOINS UN VÉHICULE AVEC L'ESTIMATION DU KILOMÉTRAGE SELON LE NOMBRE DE VÉHICULES ÉLIGIBLES DU TRANSPORTEUR

Nombre de véhicules en 1996	Transporteurs ayant au moins un véhicule avec km		Transporteurs n'ayant aucun de ses véhicules avec km		Ensemble des transporteurs en 1996
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre
1 véhicule	15 426	45,2	18 675	54,8	34 101
2 véhicules	5 065	58,4	3 611	41,6	8 676
3 véhicules	2 505	73,2	919	26,8	3 424
4 à 5 véhicules	2 257	80,7	541	19,3	2 798
6 à 9 véhicules	1 607	87,7	226	12,3	1 833
10 à 20 véhicules	1 032	90,5	108	9,5	1 140
21 à 50 véhicules	445	92,7	35	7,3	480
51 à 150 véhicules	155	95,1	8	4,9	163
151 à 400 véhicules	33	97,1	1	2,9	34
401 véhicules et plus	13	100,0	0	0,0	13
Ensemble des transporteurs	28 538	54,2	24 124	45,8	52 662

TABLEAU 6

RÉPARTITION DES TRANSPORTEURS AYANT AU MOINS UNE ANNÉE-VÉHICULE AVEC L'ESTIMATION DU KILOMÉTRAGE SELON LE NOMBRE D'ANNÉES-VÉHICULES ÉLIGIBLES EN 1996¹

Taille de la flotte en 1996 en années-véhicules	Transporteurs ayant au moins une année-véhicule avec km		Transporteurs n'ayant aucune de ses années-véhicules avec km		Ensemble des transporteurs en 1996
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre
Moins de 0,5 année-véhicule	1 301	18,7	5 658	81,3	6 959
1 année-véhicule	16 016	50,6	15 673	49,4	31 689
2 années-véhicules	4 500	71,0	1 841	29,0	6 341
3 années-véhicules	2 149	83,0	439	17,0	2 588
4 à 5 années-véhicules	1 941	86,8	294	13,2	2 235
6 à 9 années-véhicules	1 256	91,6	115	8,4	1 371
10 à 20 années-véhicules	860	91,5	80	8,5	940
21 à 50 années-véhicules	358	95,2	18	4,8	376
51 à 150 années-véhicules	122	96,1	5	3,9	127
151 à 400 années-véhicules	26	96,3	1	3,7	27
401 années-véhicules et plus	9	100,0	0	0,0	9
Ensemble des transporteurs	28 538	54,2	24 124	45,8	52 662

1. Arrondi au nombre naturel le plus proche par transporteur routier.

■ MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

Les accidents routiers sont mesurés par des nombres non négatifs. En général, on utilise des distributions de variables discrètes pour estimer les risques ou les fréquences (Gouriéroux, Monfort, Trognon, 1984; Dionne, Vanasse, 1992; Pinquet, 1998).

La plupart des modèles économétriques destinés aux variables discrètes (ou de comptage) ont pour point de départ la distribution de Poisson telle que

$$P(Y_i = y | X_i) = \exp(-\lambda_i) \lambda_i^y / y!, \quad (y = 0, 1, 2, \dots),$$

où, dans notre application, l'indice « i » représente l'observation correspondant au véhicule i et $\lambda_i = \exp(X_i\beta)$. Y_i est le nombre d'accidents au cours de la période où le véhicule i est autorisé à circuler en 1996, X_i est un vecteur de variables explicatives et β est un vecteur (de dimension appropriée) de paramètres. La période où le véhicule est autorisé à circuler n'est pas l'année 1996 au complet pour tous les véhicules éligibles. On veut donc ramener le nombre d'accidents du véhicule sur une base annuelle pour tous les véhicules. Pour ce faire on modélise l'espérance mathématique de Y_i , $E(Y_i | X_i) = \mu_i$ où $\mu_i = e_i \lambda_i$ et e_i représente le nombre de jours que le véhicule i est autorisé à circuler en 1996 divisé par 365 jours. Le modèle de Poisson exige que la moyenne $E(Y_i | X_i)$ soit égale à la variance $V(Y_i | X_i)$. On peut estimer le vecteur de paramètres β par la méthode du maximum de vraisemblance. La Log-vraisemblance est définie par

$$L_{\text{Poisson}} = \sum_{i=1}^N -\mu_i + y_i \log \mu_i - \log(y_i!).$$

Cette Log-vraisemblance est globalement concave et l'estimation des paramètres qui la maximisent est directe. La matrice de variance-covariance des paramètres peut être obtenue à partir des dérivées secondes de la log-vraisemblance L_{Poisson} évaluée en $\hat{\beta}$.

Il est à noter que la restriction de l'égalité de la moyenne et de la variance n'est pas toujours compatible avec les données. Pour les accidents de la route, il arrive souvent que la variance est supérieure à la moyenne. Un modèle correspondant est donné par la distribution binomiale négative où la probabilité individuelle d'avoir y accidents devient

$$P(Y_i = y | X_i) = \left(\frac{\Gamma(y + \alpha^{-1})}{y! \Gamma(\alpha^{-1})} \right) \left(\frac{\alpha \mu_i}{1 + \alpha \mu_i} \right)^y \left(\frac{1}{1 + \alpha \mu_i} \right)^{\alpha^{-1}}, \quad \alpha > 0, \quad y = 0, 1, 2, \dots,$$

où α est le paramètre de dispersion, la moyenne $E(Y_i|X_i) = \mu_i = e_i \lambda_i$, et la variance s'exprime par $V(Y_i|X_i) = \mu_i(1 + \alpha \mu_i)$. On peut estimer le vecteur des paramètres β et le paramètre de dispersion α par la méthode du maximum de vraisemblance. La Log-vraisemblance est définie par :

$$L_{BN} = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=0}^{y_i} \log(1 + \alpha^j) + y_i \log \mu_i - (y_i + \alpha^{-1}) \log(1 + \alpha \mu_i) \right)$$

où $y_i^* = y_i - 1$ et $\sum_{j=0}^{y_i^*}$ est zéro quand $y_i^* < 0$.

La matrice de variance-covariance des paramètres peut être obtenue à partir des dérivées secondes de la Log-vraisemblance L_{BN} évaluée en $\hat{\alpha}$ et $\hat{\beta}$ (Lawless, J.F., 1987).

La statistique utilisée pour effectuer un test d'ajustement (vérification de la qualité d'ajustement du modèle aux données) est donnée par

$$x^2 = \sum_k \left(\frac{n_k - \sum_i \hat{p}_i(k)^2}{\sum_i \hat{p}_i(k)} \right)$$

avec n_k = fréquence observée de k accidents

$\hat{p}_i(k)$ = probabilité prédite par le modèle de k accidents pour le véhicule i .

Cette statistique suit asymptotiquement la distribution chi-deux avec un degré de liberté.

Pour vérifier si un coefficient β_j est différent de zéro, on utilise la statistique

$$\frac{\hat{\beta}_j}{\text{stb}(\hat{\beta}_j)}$$

identifiée par la statistique t dans les tableaux de résultats. La distribution asymptotique de la statistique t sous l'hypothèse $\beta_j = 0$ est de loi $N(0,1)$. La plupart des variables explicatives définies précédemment sont de type catégorie à deux ou plusieurs modalités. Pour chaque variable, une modalité a été choisie comme groupe de référence et les autres modalités de cette variable sont sous forme dichotomique. Ainsi, il n'y a pas de coefficients β pour les groupes de référence. Pour une variable donnée, les coefficients associés aux modalités mesurent l'effet de cette modalité sur la variable dépendante relative au groupe de référence. Par exemple, si le

coefficient est négatif (positif), le nombre attendu d'accidents annuel de ce groupe est plus petit (plus grand) que celui du groupe de référence. Le facteur est estimé par l'exponentiel du coefficient, toutes choses étant égales par ailleurs. Pour les variables explicatives continues ou discrètes, le facteur estimé par l'exponentiel du coefficient correspondant à cette variable mesure l'effet d'une incrémentation d'une unité de la variable sur la moyenne de la variable dépendante.

■ RÉSULTATS DES ANALYSES ÉCONOMÉTRIQUES

Nous présentons les résultats des analyses économétriques des accidents des entreprises de camionnage pour l'année 1996 en fonction des caractéristiques retenues dans la période courante et des différentes infractions commises en 1995 avec condamnation par la suite, c'est-à-dire en 1995 ou après 1995. L'unité d'observation retenue pour ces analyses est un véhicule routier. La variable dépendante ou expliquée est le nombre d'accidents annuel d'un véhicule en 1996. Nous voulons vérifier si ce nombre est influencé par différentes caractéristiques du véhicule et du transporteur qui l'utilise durant la période considérée. En particulier, nous voulons vérifier si le nombre d'infractions véhicules et transporteurs commises en 1995 avec condamnation par la suite sont significatives pour expliquer les accidents des véhicules. Les camions ont été analysés séparément des autobus. Seuls les tableaux statistiques sur les camions sont présentés dans ce document.

Les statistiques descriptives des données utilisées pour les régressions concernant les camions sont présentées dans le tableau 7, qui traite de tous les accidents dans les fichiers de la SAAQ. Deux échantillons sont présentés au tableau 7 pour les camions. Le premier contient 124 629 observations dont la moyenne d'accidents est de 14,7%, soit toutes les observations disponibles et validées pour cette étude. Le second, de 54 699 observations, comprend tous les véhicules pour lesquels nous avons pu construire la variable kilométrage moyen parcouru en 1996. Deux remarques doivent être apportées ici. On observe que le nombre de véhicules avec kilométrage est beaucoup plus faible, ce qui peut affecter la fiabilité statistique des résultats. De plus, l'échantillon des véhicules avec kilométrage n'est pas nécessairement aléatoire, car les vérifications mécaniques peuvent être fonction de plusieurs facteurs dont le nombre de jours actifs durant la période retenue de l'étude; il faudra donc être prudent dans l'interprétation des résultats.

TABLEAU 7
ESTIMATION DU NOMBRE MOYEN D'ACCIDENTS DES CAMIONS DE 3 000 KG POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (FRÉQUENCE)

Variables explicatives	Ensemble		Lecture d'odomètre	
	N	Moyenne	N	Moyenne
Date de début du transporteur entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	8 826	0,153	2 036	0,162
Non	115 803	0,147	52 663	0,134
Date de fin du transporteur entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	9 022	0,150	2 093	0,176
Non	115 607	0,147	52 606	0,134
Date de la fusion de l'entreprise entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	1 692	0,276	434	0,399
Non	122 937	0,145	54 265	0,133
Secteur d'activité en 1996				
Inconnu	370	0,125	117	0,199
Transport par autobus	424	0,068	149	0,053
Camionnage public général	16 656	0,205	7 748	0,189
Camionnage public en vrac	13 483	0,173	5 822	0,146
Camionnage pour compte propre	90 354	0,131	39 264	0,121
Entreprise de location à court terme	3 342	0,212	1 599	0,194
Taille de la flotte en 1996 (années-véhicules)				
Moins de 0,5 année-véhicule	7 322	0,142	1 294	0,187
1 année-véhicule	35 615	0,119	15 974	0,097
2 années-véhicules	14 148	0,118	6 320	0,109
3 années-véhicules	8 628	0,130	4 004	0,120
4 à 5 années-véhicules	10 449	0,153	4 791	0,132
6 à 9 années-véhicules	9 992	0,167	4 591	0,160
10 à 20 années-véhicules	11 501	0,184	5 395	0,170
21 à 50 années-véhicules	9 776	0,193	4 597	0,179
51 à 150 années-véhicules	8 610	0,207	4 032	0,201
151 à 400 années-véhicules	5 180	0,147	2 398	0,131
Plus de 400 années-véhicules	3 408	0,140	1 303	0,162
Nombre d'infractions avec condamnation de type transporteur par véhicule commises en 1995				
<i>Pour surcharge</i>				
0	120 044	0,143	52 458	0,132
1	3 725	0,225	1 841	0,205
2	629	0,143	290	0,214
3	159	0,216	75	0,160
4	48	0,279	24	0,294
5	16	1,414	8	0,000
6	5	0,000	3	0,000
7	3	0,667	0	0,000
<i>Pour dimension excédentaire</i>				
0	124 463	0,147	54 612	0,135
1	161	0,112	84	0,119
2	5	0,692	3	0,000

TABLEAU 7
ESTIMATION DU NOMBRE MOYEN D'ACCIDENTS DES CAMIONS
DE 3 000 KG POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (FRÉQUENCE) – suite

Variables explicatives	Ensemble		Lecture d'odomètre	
	N	Moyenne	N	Moyenne
<i>Pour arrimage inadéquat</i>				
0	124 188	0,147	54 483	0,135
1	426	0,237	206	0,227
2	14	0,214	9	0,222
3	1	1,000	1	1,000
<i>Pour transport de matières dangereuses</i>				
0	124 442	0,147	54 596	0,135
1	159	0,164	88	0,125
2	25	0,141	13	0,077
3	3	0,000	2	0,000
<i>Pour non respect des heures de conduite</i>				
0	124 508	0,147	54 633	0,135
1	112	0,319	60	0,202
2	9	0,222	6	0,167
<i>Pour non respect de la vérification mécanique</i>				
0	123 926	0,146	54 392	0,135
1	668	0,278	299	0,196
2	28	0,118	8	0,125
3	6	0,356	0	0,000
4	1	0,000	0	0,000
<i>Pour autres raisons</i>				
0	124 522	0,147	54 656	0,135
1	105	0,244	43	0,145
2	2	0,000	0	0,000
Masse nette du véhicule				
3 000 à 3 400 kg	13 042	0,098	6 318	0,093
3 401 à 3 870 kg	12 440	0,111	5 485	0,102
3 871 à 5 030 kg	11 947	0,100	5 234	0,095
5 031 à 6 220 kg	12 167	0,133	5 208	0,117
6 221 à 7 040 kg	12 622	0,169	5 506	0,153
7 041 à 7 620 kg	12 750	0,163	5 378	0,148
7 621 à 8 140 kg	12 920	0,197	5 339	0,170
8 141 à 8 850 kg	12 583	0,182	5 198	0,165
8 851 à 10 620 kg	12 386	0,160	5 416	0,162
Plus de 10 620 kg	11 772	0,156	5 617	0,153
Type d'utilisation du véhicule				
Ambulancier	384	0,400	175	0,327
Utilisation commerciale avec permis de court terme	384	0,065	106	0,066
Utilisation commerciale incluant le transport des biens sans permis C.T.Q.	95 347	0,132	41 196	0,123
Transport de biens autre que « vrac »	15 933	0,204	7 516	0,181
Transport de matières en « vrac »	12 581	0,182	5 706	0,156
Type de carburant				
Diesel	98 652	0,167	44 152	0,149
Essence	25 347	0,072	10 380	0,075
Autres	630	0,122	167	0,129

TABLEAU 7
ESTIMATION DU NOMBRE MOYEN D'ACCIDENTS DES CAMIONS
DE 3 000 KG POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (FRÉQUENCE) – suite

Variables explicatives	Ensemble		Lecture d'odomètre	
	N	Moyenne	N	Moyenne
Nombre de cylindres				
Inconnu	288	0,049	122	0,049
1 à 5 cylindres	1 841	0,125	816	0,114
6 à 7 cylindres	74 405	0,182	33 150	0,164
8 ou plus de 10 cylindres	48 095	0,095	20 611	0,090
Nombre d'essieux				
Ne s'applique pas	2 783	0,528	464	0,274
2 essieux				
3 000 à 4 000 kg	26 329	0,096	12 326	0,092
Plus de 4 000 kg	32 808	0,114	14 538	0,117
3 essieux	21 867	0,132	9 514	0,130
4 essieux	6 579	0,140	3 278	0,140
5 essieux	11 224	0,141	4 762	0,137
6 essieux ou plus	23 039	0,227	9 817	0,212
Nombre d'infractions avec condamnation CSU par véhicule commises en 1995				
<i>Pour excès de vitesse</i>				
0	118 284	0,141	51 451	0,131
1	5 477	0,226	2 836	0,195
2	706	0,369	344	0,302
3	130	0,788	57	0,281
4	23	0,835	8	0,751
5	8	0,375	2	0,000
7	1	3,000	1	3,000
<i>Pour conduite durant sanction</i>				
0	124 099	0,147	54 479	0,135
1	478	0,212	207	0,224
2	42	0,195	11	0,364
3	9	0,111	2	0,500
5	1	0,000	0	0,000
<i>Pour omission de se conformer à un feu rouge</i>				
0	123 276	0,146	54 019	0,134
1	1 319	0,273	666	0,230
2	33	0,286	14	0,357
3	1	0,000	0	0,000
<i>Pour panneau d'arrêt ou signaux d'agent</i>				
0	123 357	0,146	54 037	0,134
1	1 235	0,243	639	0,207
2	37	0,464	23	0,174
<i>Pour omission de porter la ceinture</i>				
0	123 363	0,147	54 038	0,134
1	1 170	0,176	611	0,203
2	94	0,274	49	0,436
3	1	0,000	1	0,000
5	1	0,000	0	0,000

TABEAU 7
ESTIMATION DU NOMBRE MOYEN D'ACCIDENTS DES CAMIONS
DE 3 000 KG POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (FRÉQUENCE) - suite

Variables explicatives	Ensemble		Lecture d'odomètre	
	N	Moyenne	N	Moyenne
<i>Autres infractions</i>				
0	124 178	0,147	54 472	0,135
1	445	0,299	224	0,254
2	5	0,200	2	0,000
3	1	2,000	1	2,000
Kilométrage moyen pour le nombre de jours que le véhicule est autorisé de circuler en 1996				
Moins de 5 000 km			8 638	0,062
5 000 à 10 000 km exclusivement			7 728	0,093
10 000 à 15 000 km exclusivement			5 717	0,104
15 000 à 20 000 km exclusivement			4 784	0,124
20 000 à 30 000 km exclusivement			6 984	0,142
30 000 à 50 000 km exclusivement			7 548	0,168
50 000 à 100 000 km exclusivement			6 259	0,226
100 000 km et plus			7 041	0,181
L'ENSEMBLE DES CAMIONS	124 629	0,147	54 699	0,135

Le tableau 7 donne les nombres de chaque variable retenue pour l'analyse et les taux d'accidents correspondants. Les variations relatives des taux sont essentiellement les mêmes entre les deux échantillons. Notre interprétation du tableau sera donc limitée aux données sur l'ensemble des véhicules et sur la variable kilométrage. Par contre, les résultats économétriques pourront varier entre les deux populations. La pertinence des résultats pour un assureur sera fonction du fait qu'il prévoit utiliser ou non le kilométrage pour tarifier les flottes¹.

Il est important de souligner que les taux d'accidents sont annuels pour tous les véhicules. En effet, le nombre de jours de validité du permis a été utilisé pour transformer les taux observés en taux annuels. De la même façon, les accidents dans les différentes régressions sont sur base annuelle.

On remarque que les taux d'accidents varient beaucoup d'un secteur d'activité à un autre. C'est le secteur *Camionnage pour compte propre* qui a le taux le plus bas. La taille de la flotte influence également les nombres moyens d'accidents, les plus petites flottes ayant des taux par véhicule plus faibles. Il sera intéressant de vérifier si ces variables prendront en compte l'exposition au risque des véhicules.

Les infractions Transporteur ne sont pas nombreuses. Par contre, nous observons une tendance positive entre les infractions accumulées et les taux d'accidents. La relation est plus accentuée

pour les infractions CSU (contrôle des suspensions) accumulées par les conducteurs des véhicules. En particulier, nous remarquons que les taux d'accidents avec aucune infraction sont essentiellement identiques d'un type d'infraction à un autre et que les effets des infractions sont marginalement comparables, sauf pour l'omission de porter la ceinture qui est plus faible.

Le kilométrage moyen a l'effet positif anticipé sur les accidents, mais il est intéressant de remarquer qu'il faut accumuler plus de 50 000 kilomètres pour obtenir un taux moyen d'accidents supérieur à 0,20 alors que, pour beaucoup d'infractions, une infraction est suffisante pour atteindre le même niveau.

Des variables de contrôle sur les véhicules ont également été introduites comme la masse, le nombre de cylindres, le nombre d'essieux et le type de carburant. Le type d'utilisation des véhicules a été considéré. Si on exclut la catégorie Ambulancier, c'est le Transport de biens autre que le vrac qui a le taux d'accidents le plus élevé. Finalement, nous remarquons que les taux d'accidents ne varient pas beaucoup entre les deux groupes du tableau 7. Mais la taille plus faible de l'échantillon réduit à zéro les nombres d'infractions accumulées qui dépassent certains seuils.

Le tableau 8 présente les résultats de la régression pour l'ensemble des véhicules, alors que le tableau 9 présente ceux pour les véhicules avec l'information sur l'exposition au risque. Commençons par les résultats du tableau 8. Nous ne considérons que les coefficients significatifs à au moins un seuil de 5 % comme différents de zéro (P inférieur ou égal à 0,05). La dernière colonne donne le risque relatif par rapport à la catégorie de référence. Un risque relatif supérieur à 1 indique que la catégorie analysée est plus risquée que celle de référence. Un risque relatif d'une variable significativement différente de zéro et ayant une valeur de 1,25 indique que le fait d'appartenir à cette catégorie augmente le risque d'accidents de 25 %.

Les premiers résultats montrent que les véhicules des transporteurs ayant plus d'expérience ont moins d'accidents. De plus, les transporteurs qui ont fusionné durant l'année 1996 ont un risque d'accidents plus élevé de 31 %. On remarque que seulement deux secteurs d'activité ont des taux d'accidents plus élevés que celui du secteur Camionnage public en vrac : le Camionnage public général avec un risque relatif de 1,16 et les Entreprises de location à court terme, avec un risque relatif de 1,32. Mais les résultats du tableau 9 indiquent que ces deux catégories ne sont plus significatives lorsque nous contrôlons pour le kilométrage. Les résultats indiquent également que les véhicules des plus grandes flottes (3 années-véhicules et plus) ont plus d'accidents que ceux de la catégorie 1 année-véhicule, un résultat qui demeure stable même lorsque nous contrôlons pour l'exposition au risque.

TABLEAU 8
ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS
DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION
BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC
(124 629 VÉHICULES SANS KILOMÉTRAGE)

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	P	Risque relatif ¹
Constante	-1,7100	-27,847	< ,000	
Nombre d'années en tant que transporteur au 31 décembre 1996	-0,0294	-7,060	< ,000	0,9710
Date de début du transporteur entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	-0,0266	-0,511	,609	0,9738
Non	Catégorie de référence			1,0000
Date de fin du transporteur entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	-0,0267	-0,464	,643	0,9736
Non	Catégorie de référence			1,0000
Date de la fusion de l'entreprise entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	0,2740	2,993	,003	1,3152
Non	Catégorie de référence			1,0000
Secteur d'activité en 1996				
Inconnu	-0,3485	-1,754	,079	0,7058
Transport par autobus	-0,5995	-2,707	,007	0,5491
Camionnage public général	0,1561	2,265	,024	1,1689
Camionnage public en vrac	Catégorie de référence			1,0000
Camionnage pour compte propre	-0,0028	-0,051	,960	0,9972
Entreprise de location à court terme	0,2807	3,734	< ,000	1,3240
Taille de la flotte en 1996 (années-véhicules)				
Moins de 0,5 année-véhicule	0,1705	2,321	,020	1,1859
1 année-véhicule	Catégorie de référence			1,0000
2 années-véhicules	0,0502	1,453	,146	1,0515
3 années-véhicules	0,1152	2,799	,005	1,1221
4 à 5 années-véhicules	0,2703	7,342	< ,000	1,3104
6 à 9 années-véhicules	0,3227	8,752	< ,000	1,3809
10 à 20 années-véhicules	0,3801	10,968	< ,000	1,4625
21 à 50 années-véhicules	0,3975	10,666	< ,000	1,4881
51 à 150 années-véhicules	0,4572	11,762	< ,000	1,5796
151 à 400 années-véhicules	0,1653	3,225	,001	1,1797
Plus de 400 années-véhicules	0,5308	8,921	< ,000	1,7003
Nombre de jours où l'autorisation de circuler est active en 1995	-0,0006	-8,405	< ,000	0,9994

TABLEAU 8
ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS
DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION
BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC
(124 629 VÉHICULES SANS KILOMÉTRAGE) – suite

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	p	Risque relatif ¹
Nombre d'infractions avec condamnation de type transporteur par véhicule commises en 1995				
Pour surcharge	0,1262	4,649	< ,000	1,1345
Pour dimension excédentaire	-0,0275	-0,125	,900	0,9729
Pour arrimage inadéquat	0,2089	1,879	,060	1,2323
Pour transport de matières dangereuses	-0,0448	-0,244	,807	0,9562
Pour non respect des heures de conduite	-0,0251	-0,122	,903	0,9752
Pour non respect de la vérification mécanique	0,2289	2,477	,013	1,2572
Pour autres raisons	0,1437	0,548	,583	1,1546
Masse nette du véhicule				
3 000 à 3 400 kg	-0,1383	-1,002	,316	0,8709
3 401 à 3 870 kg	-0,1229	-0,918	,359	0,8843
3 871 à 5 030 kg	-0,2039	-3,362	,001	0,8156
5 031 à 6 220 kg	-0,1869	-3,835	< ,000	0,8295
6 221 à 7 040 kg	-0,0941	-2,197	,028	0,9102
7 041 à 7 620 kg	-0,2067	-4,783	< ,000	0,8132
7 621 à 8 140 kg	-0,0991	-2,337	,019	0,9056
8 141 à 8 850 kg	-0,1214	-2,880	,004	0,8857
8 851 à 10 620 kg	-0,0907	-2,243	,025	0,9133
Plus de 10 620 kg	Catégorie de référence			1,0000
Type d'utilisation du véhicule				
Ambulancier	0,1984	1,226	,220	1,2195
Utilisation commerciale avec permis de court terme	-1,5123	-5,698	< ,000	0,2204
Utilisation commerciale incluant le transport des biens sans permis C.T.Q.	-0,0738	-1,264	,206	0,9289
Transport de biens autre que « vrac »	-0,1190	-1,633	,102	0,8878
Transport de matières en « vrac »	Catégorie de référence			1,0000
Type de carburant				
Diesel	Catégorie de référence			1,0000
Essence	-0,4862	-14,749	< ,000	0,6149
Autres	-0,4154	-2,523	,012	0,6601
Nombre de cylindres				
Inconnu	-0,3791	-1,328	,184	0,6845
1 à 5 cylindres	0,1764	2,149	,032	1,1929
6 à 7 cylindres	0,3381	11,544	< ,000	1,4022
8 ou plus de 10 cylindres	Catégorie de référence			1,0000

TABLEAU 8

ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (124 629 VÉHICULES SANS KILOMÉTRAGE) – suite

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	p	Risque relatif
Nombre d'essieux				
Ne s'applique pas	0,5973	7,887	< ,000	1,8173
2 essieux				
3 000 à 4 000 kg	-0,1957	-1,489	,137	0,8223
Plus de 4 000 kg	-0,2680	-7,693	< ,000	0,7649
3 essieux	-0,2809	-8,591	< ,000	0,7551
4 essieux	-0,3181	-6,705	< ,000	0,7275
5 essieux	-0,3102	-8,665	< ,000	0,7333
6 essieux ou plus	Catégorie de référence			1,0000
Nombre d'infractions avec condamnation CSU par véhicule commises en 1995				
Pour excès de vitesse	0,3049	12,464	< ,000	1,3565
Pour conduite durant sanction	0,2049	1,986	,047	1,2275
Pour omission de se conformer à un feu rouge	0,4723	7,470	< ,000	1,6038
Pour panneau d'arrêt ou signaux d'agent	0,3750	5,335	< ,000	1,4550
Pour omission de porter la ceinture	0,2912	4,288	< ,000	1,3381
Autres infractions	0,3805	3,550	< ,000	1,4630
Paramètre de la loi binomiale négative	0,9649	19,438	< ,000	
Log de la vraisemblance		-42 324,235		
Test d'ajustement du χ^2		7,424		
Nombre de véhicules		124 629		
1. Le risque relatif des catégories de références est par définition égal à 1,00.				

TABLEAU 9

ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (54 699 VÉHICULES AVEC KILOMÉTRAGE)

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	p	Risque relatif
Constante	-1,7205	-17,380	< ,000	< ,000
Nombre d'années en tant que transporteur au 31 décembre 1996	-0,0201	-3,046	,002	0,9800
Date de début du transporteur entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	0,1744	1,796	,072	1,1906
Non	Catégorie de référence			1,0000

TABLEAU 9
ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS
DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION
BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC
(54 699 VÉHICULES AVEC KILOMÉTRAGE) – suite

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	p	Risque relatif
Date de fin du transporteur entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	-0,0394	-0,313	,754	0,9613
Non	Catégorie de référence			
Date de la fusion de l'entreprise entre le 1 janvier et le 31 décembre 1996				
Oui	1,0030	5,815	< ,000	2,7266
Non	Catégorie de référence			1,0000
Secteur d'activité en 1996				
Inconnu	-0,2910	-0,927	,354	0,7475
Transport par autobus	-0,8353	-2,116	,034	0,4338
Camionnage public général	0,1429	1,433	,152	1,1536
Camionnage public en vrac	Catégorie de référence			1,0000
Camionnage pour compte propre	-0,0595	-0,762	,446	0,9422
Entreprise de location à court terme	0,0826	0,774	,439	1,0861
Taille de la flotte en 1996 (années-véhicules)				
Moins de 0,5 année-véhicule	0,6079	3,758	< ,000	1,8366
1 année-véhicule	Catégorie de référence			1,0000
2 années-véhicules	0,0933	1,825	,068	1,0978
3 années-véhicules	0,1376	2,360	,018	1,1475
4 à 5 années-véhicules	0,2241	4,180	< ,000	1,2512
6 à 9 années-véhicules	0,3817	7,310	< ,000	1,4648
10 à 20 années-véhicules	0,4143	8,325	< ,000	1,5133
21 à 50 années-véhicules	0,4058	7,592	< ,000	1,5005
51 à 150 années-véhicules	0,4806	8,793	< ,000	1,6170
151 à 400 années-véhicules	0,1531	2,110	,035	1,1654
Plus de 400 années-véhicules	0,4196	4,722	< ,000	1,5214
Nombre de jours où l'autorisation de circuler est active en 1995	-0,0004	-3,153	,002	0,9996
Nombre d'infractions avec condamnation de type transporteur par véhicule commises en 1995				
Pour surcharge	0,0317	0,785	,432	1,0322
Pour dimension excédentaire	-0,0763	-0,235	,814	0,9266
Pour arrimage inadéquat	0,1709	1,160	,246	1,1864
Pour transport de matières dangereuses	-0,4062	-1,383	,167	0,6662
Pour non respect des heures de conduite	-0,0612	-0,229	,819	0,9406
Pour non respect de la vérification mécanique	0,2456	1,774	,076	1,2784
Pour autres raisons	-0,1690	-0,385	,700	0,8445

TABLEAU 9

ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (54 699 VÉHICULES AVEC KILOMÉTRAGE) – suite

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	p	Risque relatif
Masse nette du véhicule				
3 000 à 3 400 kg	-0,1110	-1,036	,300	0,8950
3 401 à 3 870 kg	-0,1505	-1,376	,169	0,8603
3 871 à 5 030 kg	-0,2697	-3,701	< ,000	0,7636
5 031 à 6 220 kg	-0,1877	-2,951	,003	0,8288
6 221 à 7 040 kg	-0,1219	-2,059	,039	0,8853
7 041 à 7 620 kg	-0,2555	-4,111	< ,000	0,7745
7 621 à 8 140 kg	-0,1594	-2,619	,009	0,8526
8 141 à 8 850 kg	-0,1293	-2,131	,033	0,8787
8 851 à 10 620 kg	-0,0123	-0,220	,826	0,9878
	Catégorie de référence			1,0000
Type d'utilisation du véhicule				
Ambulancier	-0,0347	-0,132	,895	0,9659
Utilisation commerciale avec permis de court terme	-0,9066	-2,231	,026	0,4039
Utilisation commerciale incluant le transport des biens sans permis C.T.Q.	0,1174	1,564	,118	1,1246
Transport de biens autre que «vrac»	-0,0958	-0,983	,325	0,9087
Transport de matières en «vrac»	Catégorie de référence			1,0000
Type de carburant				
Diesel	Catégorie de référence			1,0000
Essence	-0,0996	-2,154	,031	0,9052
Autres	-0,0902	-0,329	,742	0,9138
Nombre de cylindres				
Inconnu	-0,3025	-0,693	,489	0,7389
1 à 5 cylindres	0,1338	1,162	,245	1,1431
6 à 7 cylindres	0,1186	2,675	,007	1,1259
8 ou plus de 10 cylindres	Catégorie de référence			1,0000
Nombre d'essieux				
Ne s'applique pas	0,7783	4,260	< ,000	2,1777
2 essieux				
3 000 à 4 000 kg	-0,2663	-2,697	,007	0,7662
Plus de 4 000 kg	-0,1406	-3,009	,003	0,8686
3 essieux	-0,1849	-3,735	< ,000	0,8312
4 essieux	-0,2234	-3,416	,001	0,7998
5 essieux	-0,2550	-4,976	< ,000	0,7749
6 essieux ou plus	Catégorie de référence			1,0000
Nombre d'infractions avec condamnation CSU par véhicule commises en 1995				
Pour excès de vitesse	0,1950	5,622	< ,000	1,2153
Pour conduite durant sanction	0,2916	2,020	,043	1,3386
Pour omission de se conformer à un feu rouge	0,3653	4,230	< ,000	1,4410
Pour panneau d'arrêt ou signaux d'agent	0,2501	2,672	,008	1,2841
Pour omission de porter la ceinture	0,3776	4,466	< ,000	1,4588
Autres infractions	0,4331	3,158	,002	1,5421

TABLEAU 9

ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS DES CAMIONS DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION BINOMIALE NÉGATIVE POUR L'ANNÉE 1996, AU QUÉBEC (54 699 VÉHICULES AVEC KILOMÉTRAGE) - suite

Variables explicatives	Coefficient	Statistique t	p	Risque relatif
Kilométrage moyen pour le nombre de jours que le véhicule est autorisé de circuler en 1996				
Moins de 5 000 km	-1,1933	-14,925	< ,000	0,3032
5000 à 10000 km exclusivement	-0,6031	9,254	< ,000	0,5471
10 000 à 15 000 km exclusivement	-0,3644	-5,668	< ,000	0,6946
15 000 à 20 000 km exclusivement	-0,1710	-2,776	,006	0,8428
20 000 à 30 000 km exclusivement	-0,0774	-1,399	,162	0,9255
30 000 à 50 000 km exclusivement	0,0577	1,151	,250	1,0594
50 000 à 100 000 km exclusivement	0,2246	4,954	< ,000	1,2519
100 000 km et plus	Catégorie de référence			1,0000
Paramètre de la loi binomiale négative	0,7714	12,073	< ,000	
Log de la vraisemblance		-19 672,399		
Test d'ajustement du χ^2		1,028		
Nombre de véhicules		54 699		

La variable nombre de jours en 1995 a été introduite pour pondérer les infractions de 1995, mais elle peut également tenir compte de l'expérience du transporteur.

Certaines infractions de type transporteur ont des coefficients positifs significativement différents de zéro dans le tableau 8. En particulier, les infractions pour surcharge et pour non respect de la vérification mécanique sont significatives avec des risques relatifs de 1,13 et 1,25 respectivement. On remarque également une tendance importante pour l'arrimage inadéquat, mais le coefficient est significativement différent de zéro à 6 %, ce qui peut ne pas être suffisant pour justifier une intervention. Le tableau 10 présente une analyse de stabilité des résultats obtenus. La première colonne reprend les résultats statistiques du tableau 8 pour les infractions, la seconde colonne donne les résultats pour les véhicules ayant de l'information sur le kilométrage et les autres colonnes donnent des résultats de six échantillons aléatoires de 54 715 véhicules tirés de la population des 124 624 véhicules. On remarque que les résultats pour les deux infractions surcharge et le non respect de la vérification mécanique sont stables à quelques exceptions près. Par contre, les résultats confirment notre prudence pour l'arrimage inadéquat. Mais ces résultats peuvent être expliqués en grande partie parce que très peu d'infractions sont émises aux transporteurs.

Abordons maintenant les infractions CSU. Toutes celles étudiées ont des coefficients positifs statistiquement différents de zéro à 5 %, ce qui indique que ceux qui ont plus d'infractions accumulées en 1995 représentent des risques d'accidents plus élevés en 1996. De plus, l'analyse de stabilité confirme la robustesse des résultats à l'exception de l'infraction pour conduite durant sanction qui, de toute façon, est significative à un degré de signification limite de 4,7% avec les données de la population des camions (tableau 8). On remarque également que les risques relatifs varient beaucoup d'une infraction à l'autre. Comme déjà démontré par Boyer, Dionne et Vanasse (1988), pour les infractions des conducteurs de la classe 5, ce sont les infractions de non arrêt à un feu rouge et à un panneau d'arrêt ou à des signaux d'agents qui représentent les risques relatifs les plus élevés. Mais les risques relatifs de toutes les infractions sont suffisamment élevés pour que celles-ci puissent être considérées à des fins de tarification. Nous aborderons les problèmes de tarification des flottes dans un rapport remis à la SAAQ et au MTQ (Dionne, Desjardins, Pinquet, 1999).

La masse du véhicule, le type d'utilisation, le carburant utilisé, le nombre de cylindres et le nombre d'essieux permettent de tenir compte explicitement des différences entre les véhicules et de contrôler pour l'exposition au risque. Plusieurs de ces variables sont significatives et peu d'entre elles deviennent non significatives lorsque le kilométrage est ajouté, tel qu'indiqué au tableau 9.

Abordons maintenant les résultats des estimations pour les accidents avec blessés et morts et impliquant des camions². Le nombre de blessés et de morts analysé est le nombre total d'un accident dans lequel un camion a été impliqué, et non pas uniquement le nombre total de blessés et de morts dans le camion. Les statistiques des deux échantillons sont données au tableau 11 (non présenté ici). On observe que les infractions CSU pour excès de vitesse et pour omission de porter la ceinture ont des effets relativement importants sur les accidents avec blessés et morts, une relation bien connue dans la littérature et dans la pratique. Nous devons maintenant vérifier si cette relation est robuste à l'introduction de variables de contrôle dans une analyse multivariée.

Les résultats indiquent que, pour les infractions Transporteurs, seule l'infraction pour transport de matières dangereuses est significative, mais elle n'est plus significative lorsque nous contrôlons pour l'exposition au risque. Si, maintenant, nous abordons les infractions des conducteurs (CSU), il s'avère que les infractions pour excès de vitesse et omission de porter la ceinture sont significatives.

Ces résultats demeurent stables lorsque l'exposition au risque est prise en compte par le kilométrage.

Abordons maintenant le transport des individus par autobus. Nous avons eu accès à 19 114 véhicules dont la moyenne d'accidents est de 15,2 %. C'est le secteur Transport en commun urbain qui semble être le secteur d'activité le plus à risque, suivi du secteur Transport en commun interurbain. Le secteur le moins risqué est celui du Transport par autobus scolaire. Nous pouvons remarquer que ces transporteurs ont très peu d'infractions de type transporteur : 39 infractions Transporteur en 1995 pour l'ensemble des 19 114 véhicules sur la route, ce qui nous a obligés à considérer toutes les infractions de façon agrégée. De plus, seule l'infraction CSU pour conduite avec excès de vitesse a plus de 100 inscriptions.

Les résultats économétriques confirment certaines constatations mentionnées plus haut. Par contre, seul le secteur d'activité Transport par autobus scolaire a des véhicules moins risqués que ceux du secteur Transport de personnes avec autobus privé. Les autres secteurs ne sont pas différents statistiquement, ce qui implique qu'ils représentent tous des risques équivalents au secteur Transport de personnes par autobus privé. La taille des flottes est significative, mais ne l'est plus lorsque nous contrôlons pour l'exposition au risque. Le nombre d'infractions transporteurs n'est pas significatif.

Le type d'utilisation du véhicule est un facteur important pour expliquer les accidents. Nous avons choisi d'utiliser le transport de personnes avec autobus privé comme utilisation de référence. Nos résultats montrent que le transport d'écoliers est moins risqué, alors que le transport avec autobus public est beaucoup plus risqué (risque relatif de 1,45) lorsque nous ne contrôlons pas pour l'exposition au risque. Ces deux effets disparaissent avec la prise en compte explicite des kilomètres parcourus. Seule l'infraction CSU pour panneau d'arrêt est significative pour expliquer les accidents totaux impliquant un autobus. C'est une infraction qui augmente le risque de 81 % lorsque nous tenons compte des kilomètres. Par contre, il faut rappeler que très peu d'infractions de cette nature ont été émises en 1995, soit 93 pour toute l'industrie du transport des personnes par autobus.

Maintenant, si nous abordons les accidents avec blessés impliquant des autobus, nous n'obtenons pas de facteurs significatifs pour expliquer ces accidents lorsque nous tenons compte du kilométrage. Ce résultat peut être expliqué par le faible nombre d'observations que nous avons pour effectuer nos calculs, soit 9 603 véhicules. Par

TABEAU 10

SEUIL DE SIGNIFICATION (P) DES VARIABLES INFRACTIONS TRANSPORTEURS ET CSU LORS DE L'ESTIMATION DU NOMBRE D'ACCIDENTS TOTAUX IMPLIQUANT UN CAMION DE 3 000 KG ET PLUS À L'AIDE DU MODÈLE DE RÉGRESSION BINOMIALE NÉGATIVE¹

Nombre d'infractions avec condamnation de type transporteur ou CSU par véhicule commises en 1995	Ensemble des 124 629 véhicules	Ensemble des 54 699 véhicules avec estimation du km	Échantillons aléatoires de 54 715 véhicules					
			1	2	3	4	5	6
	p	p	p	p	p	p	p	p
Pour surcharge	< ,000	,143	,022	< ,000	< ,000	,002	,006	,004
Pour dimension excédentaire	,900	,609	,494	,979	,256	,126	,494	,924
Pour arrimage inadéquat	,060	,183	,239	,128	,129	,714	,031	,012
Pour transport de matières dangereuses	,807	,264	,823	,770	,501	,888	,463	,890
Pour non respect des heures de travail	,903	,916	,991	,730	,417	,589	,835	,784
Pour non respect de la vérification mécanique	,013	,053	,322	,049	,078	,176	,009	,034
Pour autres raisons	,583	,683	,682	,652	,481	,134	,710	,524
Pour excès de vitesse	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000
Pour conduite durant sanction	,047	,035	,038	,837	,248	,322	,056	,178
Pour omission de se conformer à un feu rouge	< ,000	< ,000	,001	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000	< ,000
Pour panneau d'arrêt ou signaux d'agent	< ,000	< ,000	,001	< ,000	,025	,007	< ,000	,002
Pour omission de porter la ceinture	< ,000	< ,000	,064	,020	,058	,007	< ,000	,186
Autres infractions	< ,000	< ,000	,008	,121	,003	,002	,043	,002

1. Le coefficient est significativement différent de zéro lorsque $p \leq 0,05$.

contre, l'infraction CSU excès de vitesse est significative à 3,5% pour expliquer les accidents avec blessés sans contrôle pour l'exposition au risque.

■ CONCLUSION

Nous pouvons résumer les principaux résultats de l'étude de la façon suivante.

Lorsque nous contrôlons pour l'exposition au risque, il n'y a pas de secteur d'activité dans l'industrie du camionnage qui soit plus risqué que d'autres. Par contre, sans ce contrôle effectué en utilisant le kilométrage aux vérifications mécaniques, nous obtenons que les secteurs Camionnage public général et Entreprise de location à court terme représentent des risques plus élevés que les entreprises dans le secteur Camionnage public en vrac, alors que le secteur Camionnage pour compte propre n'est pas différent statistiquement.

Deux infractions «transporteurs» sont importantes pour expliquer les accidents totaux des entreprises de camionnage : la surcharge et le non respect de la vérification mécanique. Toutes les infractions CSU étudiées sont significatives pour expliquer les accidents totaux, alors que seules celles pour excès de vitesse et omission de porter la ceinture le sont pour les accidents impliquant des blessés et des morts. Les plus grandes flottes ont plus d'accidents que les petites flottes.

Les résultats sont moins significatifs pour les autobus. Seule l'infraction CSU pour non arrêt à un panneau ou à un signal d'agent est significative pour expliquer les accidents totaux lorsque nous prenons en compte l'exposition au risque. Aucune variable de taille de flottes n'est significative.

Les calculs économétriques ont permis aux auteurs de développer un modèle de tarification de l'assurance des transporteurs basé sur les infractions conducteurs et transporteurs qui tient compte des tailles des flottes. Les détails sont présentés dans Dionne, Desjardins et Pinquet (1999).

□ Références

- BOLDUC, D., S. BONIN et M.L. GOSSELIN (1995), « Un outil méthodologique désagrégé pour l'évaluation de politiques en sécurité routière », comptes rendus de la 9^e conférence canadienne multidisciplinaire sur la sécurité routière, 347-360.
- BOYER, M., G. DIONNE et C. VANASSE (1991), « Infractions au Code de la sécurité routière, infractions au Code criminel et gestion optimale de la sécurité routière », *L'Actualité Économique*, 67(3), 279-305.
- BOYER, M., G. DIONNE et C. VANASSE (1988), « Infractions au Code de la sécurité routière, infractions au Code criminel et accidents automobiles », publication n° 588, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, 85 p.
- DIONNE, G., D. DESJARDINS et J. PINQUET (1999), « L'évaluation du risque d'accidents des transporteurs en fonction de leur secteur d'activité, de la taille de la flotte et de leurs dossiers d'infractions », rapport remis à la SAAQ et au MTQ. Disponible au Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.
- DIONNE, G. et C. VANASSE (1992), "Automobile Insurance Ratemaking in the Presence of Asymmetrical Information", *Journal of Applied Econometrics* (7), 149-165.
- GOURIÉROUX, C., A. MONFORT et A. TROGNON (1984), "Pseudo Likelihood Methods: Application to Poisson Models", *Econometrica*, 701-720.
- GREENE, W. (1997), "Econometric Analysis", 3^e édition, chapitre 20.
- LAWLESS, J.F. (1987), "Negative Binomial and Mixed Poisson Regression", *Canadian Journal of Statistics* (15), no 3, 209-225.
- PINQUET, J. (1998), "Allowance for Hidden Information by Heterogeneous Models" dans G. Dionne et C. Laberge-Nadeau (eds.), *Automobile Insurance*, Kluwer Academic Press, Boston, 351 pages.

□ Notes

1. On discute de deux échantillons, mais le groupe de véhicules avec kilométrage n'est pas un échantillon aléatoire de l'ensemble des véhicules. Une autre procédure que celle présentée dans cet article serait d'utiliser le kilométrage prédit pour chacun des 124 629 véhicules. Pour plus de détails sur ce genre de méthode, voir Bolduc, Bonin et Gosselin (1995) et Greene (1997).

2. Pour des raisons évidentes de manque d'espace, les tableaux 11 et suivants ne sont pas présentés. Ils sont disponibles auprès des auteurs.