

Un aperçu de DRAG, un modèle de sécurité routière compréhensif

Marc Gaudry

Volume 69, Number 3, septembre 1993

Symposium sur l'économie des transports

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/602115ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/602115ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)

1710-3991 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Gaudry, M. (1993). Un aperçu de DRAG, un modèle de sécurité routière
compréhensif. *L'Actualité économique*, 69(3), 203–211.
<https://doi.org/10.7202/602115ar>

Article abstract

We provide a primarily qualitative summary of the DRAG model of the Demand for Road use, Accidents and their Gravity. We show the comprehensive nature of the model in terms of structure, categories of factors taken into account and parameter estimation technique used. We note in particular how the very structure of the DRAG model makes it possible to decompose the impact of each explanatory factor on exposure risk, as well as on accident frequency and severity—thus making it possible to detect the presence of substitution among the different dimensions of driving risk. We give an idea of the application and results obtained for the Province of Quebec and mention the emergence of a European network of DRAG-inspired modeling efforts.

UN APERÇU DE DRAG, UN MODÈLE DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE COMPRÉHENSIF

Marc GAUDRY,
Département de sciences économiques
Centre de recherche sur les transports
Université de Montréal

RESUMÉ — Nous faisons un résumé surtout qualitatif de DRAG, un modèle explicatif de la Demande Routière, des Accidents et de leur Gravité. Nous montrons le caractère compréhensif du modèle, en ce qui a trait à sa structure, aux catégories de facteurs explicatifs prises en compte et aux méthodes d'estimation des paramètres utilisées. Nous soulignons en particulier comment la structure même de DRAG permet de décomposer la contribution de chaque facteur explicatif de l'insécurité routière entre des effets sur l'exposition au risque, sur la fréquence et sur la gravité des accidents — et comment on peut ainsi étudier la présence de substitution entre les diverses dimensions du risque de conduite. Nous donnons une idée de l'application et des résultats obtenus pour le Québec et faisons mention de travaux européens en cours inscrits dans la foulée de DRAG.

ABSTRACT — We provide a primarily qualitative summary of the DRAG model of the Demand for Road use, Accidents and their Gravity. We show the comprehensive nature of the model in terms of structure, categories of factors taken into account and parameter estimation technique used. We note in particular how the very structure of the DRAG model makes it possible to decompose the impact of each explanatory factor on exposure risk, as well as on accident frequency and severity—thus making it possible to detect the presence of substitution among the different dimensions of driving risk. We give an idea of the application and results obtained for the Province of Quebec and mention the emergence of a European network of DRAG-inspired modeling efforts.

INTRODUCTION

Le modèle DRAG est un modèle économétrique visant à expliquer le nombre de victimes d'accidents de la route. Dans son genre, il constitue sans doute l'effort de modélisation le plus ambitieux jamais consenti à cet égard, ou tout au moins le plus compréhensif, en ce qui a trait à la structure, aux catégories de facteurs explicatifs prises en compte et aux méthodes d'estimation des paramètres utilisées. Certains de ses résultats tout à fait nouveaux ont des implications pour la formulation de politiques et ont déjà influencé d'autres chercheurs. La

Régie de l'assurance automobile du Québec (R.A.A.Q.), où le modèle est en voie d'implantation, en a financé les principaux développements en 1983 et 1984. Transports Canada a aussi contribué au financement de certains aspects de la recherche en 1985-1986.

1. COMMENT UNE STRUCTURE PEUT-ELLE ÊTRE COMPRÉHENSIVE?

Une structure possible d'explication du nombre de victimes de la route, ou de ses composantes (les blessés ou les morts), pourrait les relier directement à la demande routière et à d'autres facteurs, comme suit :

Victimes \Leftarrow [Demande routière, autres facteurs] *Risque.*

Toutefois, le mécanisme utilisé dans DRAG n'est pas si direct. On y utilise plutôt une identité comptable qui décompose le nombre de victimes en trois éléments : l'exposition, la fréquence et la gravité deviennent eux-mêmes les objets à expliquer. En effet, le nombre des victimes est par définition égal au produit de l'exposition au risque (kilomètres parcourus) par la fréquence d'accident (accidents par kilomètre) et leur gravité (victimes par accident). Il en résulte alors une explication du nombre de victimes dérivée d'explications distinctes des trois termes de l'identité, soit :

$$\text{Victimes} \Leftarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{Demande routière} \quad \Leftarrow \left[\text{---}, \text{autres facteurs} \right] \\ \quad (DR) \quad \quad \quad \quad (X_1) \\ \text{Fréquence d'accident} \quad \Leftarrow [DR, \text{autres facteurs}] \\ \quad (A) \quad \quad \quad \quad (X_2) \\ \text{Gravité des accidents} \quad \Leftarrow [DR, \text{autres facteurs}] \\ \quad (G) \quad \quad \quad \quad (X_3) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Risque} \\ \text{d'exposition,} \\ \text{Risque} \\ \text{de fréquence,} \\ \text{Risque} \\ \text{de gravité,} \end{array}$$

Une telle structure permet de chercher s'il y a une substitution entre les trois dimensions du risque de conduite considérées. On peut penser par exemple que la neige, facteur explicatif compris dans les trois groupes de variables explicatives X_1 , X_2 et X_3 , puisse réduire la conduite (diminuer DR) et, à ce niveau d'exposition réduit, augmenter le nombre d'accidents (augmenter A) mais impliquer des accidents moins graves (diminuer G) : l'effet net sur le nombre de victimes de la route dépendra de l'importance relative de ces effets peut-être compensatoires. Le sigle du modèle reflète ces trois dimensions : « la Demande Routière, les Accidents et leur Gravité » ; ou « Demand for Road use, Accidents and their Gravity ».

La structure du modèle DRAG est par ailleurs compréhensive dans un autre sens puisque chaque dimension du risque est ventilée par sous-catégorie. Nous distinguons entre deux mesures de demande routière (la consommation d'essence et de carburant diesel), trois classes d'accidents (suivant qu'ils comportent des *dommages matériels seulement*¹, au moins un *blessé* et au moins un *mort*) et

1. Il s'agit d'accidents sans dommages corporels et dont les dommages matériels se situent au-delà d'un certain seuil (250 \$ récemment) évalué par les policiers dans leurs rapports.

deux mesures de gravité (les taux de *morbidité* et de *mortalité*, définis respectivement comme nombre de blessés ou de morts par accident comportant des dommages corporels — des blessés ou des morts). Le modèle explique aussi divers totaux de ces sous-catégories, comme le nombre d'accidents avec dommages corporels, le nombre total d'accidents ou le nombre total de victimes, afin de faciliter la comparaison des résultats avec ceux qui auraient été obtenus par des auteurs qui n'auraient considéré que ces totaux dans leurs modèles.

La ventilation des dimensions du risque en sous-catégories permet la détection de *patterns* de substitution qui ne soient pas trop bruts : les modèles qui n'expliquent qu'une variable (le nombre de morts, par exemple) rendent très difficile la détection de la substitution parce que le substitut (le nombre de blessés, par exemple) n'est pas simultanément objet d'explication.

2. UNE LISTE DE FACTEURS EXPLICATIFS PEUT-ELLE ÊTRE COMPRÉHENSIVE?

Le modèle utilise simultanément plus d'une quarantaine de facteurs explicatifs appartenant à presque toutes les catégories de facteurs considérées dans la littérature sur les accidents, où un petit nombre de facteurs est habituellement considéré à la fois. En conséquence, un très grand nombre de ces modèles se retrouvent comme cas particuliers de DRAG où on peut évaluer leur importance relative. Une liste partielle de ce qu'on y trouve comprend :

Prix		<ul style="list-style-type: none"> - Prix de l'essence et du carburant diesel - Prix de l'entretien des véhicules
Motorisation	<ul style="list-style-type: none"> - quantité - caractéristiques 	<ul style="list-style-type: none"> - ... - proportion de petites voitures - proportion de voitures munies de ceinture de sécurité
Réseaux	<ul style="list-style-type: none"> - lois - modes - infrastructure et climat 	<ul style="list-style-type: none"> - limites de vitesse réduites plus port de la ceinture depuis 1976 - loi sur l'ivressomètre depuis décembre 1969 - régime de points de démérite depuis mars 1973 - hausse des amendes depuis avril 1982 - surveillance policière : fréquence et grèves - grèves du transport public urbain - grèves du transport interurbain par car - proportion des autoroutes dans le réseau - grèves de l'entretien du réseau routier urbain - chaud et froid - pluie et neige
Consommateurs	<ul style="list-style-type: none"> - caractéristiques 	<ul style="list-style-type: none"> - disponibilité des permis de conduire - chômage - régimes d'assurance automobile

	- âge et sexe	- baisse de l'âge minimum pour la conduite (de 18 à 16 ans)
		- grossesse
	- vigilance	- longueur de la semaine de travail
		- consommation de médicaments
		- consommation d'alcool
Activités	- niveau ou motif	- emploi
		- magasinage
		- vacances

La liste complète des variables considérées dans le modèle a un fort contenu réglementaire puisqu'une dizaine de lois y sont comprises. La liste comprend en particulier des variables dont l'influence n'a jamais été mesurée auparavant, comme le prix de l'entretien des véhicules, l'assurance obligatoire, un régime particulier d'assurance et de tarification sans égard à la faute (Gaudry, 1991), la surveillance policière, la grossesse, et le motif des déplacements. Nous tenons bien sûr compte des procédures ADMINISTRATIVES de la police qui a la responsabilité des rapports d'accident.

Une liste aussi compréhensive est rendue possible par l'utilisation de séries chronologiques mensuelles : toutes les variables sont définies par mois. Comme nos séries d'origine débutent en décembre 1956 et vont jusqu'à la fin de 1982 ou après, plusieurs centaines d'observations sont disponibles. C'est donc la nature mensuelle de la banque de données qui permet de considérer l'influence de tant de divers facteurs tout en maintenant constant le niveau des autres — de « tenir compte » de beaucoup de facteurs.

3. EN QUEL SENS LA MÉTHODE D'ESTIMATION EST-ELLE COMPRÉHENSIVE ?

La technique utilisée pour estimer la valeur des paramètres est compréhensive de deux façons. Tout d'abord, elle ne suppose pas, comme on le fait souvent, que les relations de causalité sont linéaires ou multiplicatives : les données elles-mêmes décident de la forme qui rend le mieux compte des observations. En particulier, nous ne supposons pas que le nombre d'accidents est proportionnel à l'exposition au risque : nous testons cette proportionalité. En second lieu, nous utilisons des méthodes spéciales pour extraire de la partie inexplicée (les erreurs) de chaque équation l'information systématique qui pourrait encore s'y trouver.

4. PEUT-ON AVOIR UNE IDÉE DE L'APPLICATION ET DES RÉSULTATS ?

L'application au Québec est décrite dans un rapport technique (Gaudry, 1984) et la banque de données est complètement documentée (Gaudry *et al.*, 1984). Un aperçu du modèle doit faire mention d'un certain nombre de résultats nouveaux :

A. Structure : le premier résultat important associé à la structure du modèle est que la plupart des facteurs ont sur l'exposition au risque des effets très différents de ceux qu'ils ont sur la fréquence ou la gravité des accidents. Ceci signifie qu'il existe une substitution entre les trois dimensions du risque et qu'un modèle qui aurait expliqué directement le nombre de victimes — sans le décomposer en trois éléments — aurait pu se tromper sur la pertinence de l'un ou l'autre des facteurs parce que leurs effets sur ces éléments peuvent s'annuler.

Le second résultat est qu'il existe par ailleurs de la substitution entre les catégories d'accidents ou de gravité : cette substitution existe au sens faible que les catégories d'accidents ou de gravité ne réagissent pas proportionnellement à de nouvelles conditions, et au sens fort que les diverses catégories réagissent parfois dans des directions opposées.

La présence de telles substitutions peut donner lieu à des paradoxes apparents lorsque les consommateurs font des arbitrages dans un sens ou l'autre : par exemple, une hausse de la surveillance policière fait en moyenne augmenter le nombre d'accidents et de victimes². Toutefois un examen des sous-catégories indique que le nombre d'accidents mortels et de tués diminuent alors : ce sont les autres catégories d'accidents et de victimes qui sont responsables de la hausse des totaux. On peut comprendre ce phénomène si on pense que des vitesses réduites par la présence des policiers sont associées à des taux d'accidents et de morbidité plus élevés parce que les consommateurs ne font pas un arbitrage un pour un : ils acceptent plus qu'un accident avec dommages matériels seulement (perte) par accident avec dommages corporels épargné (gain) et plus qu'un blessé (perte) par vie épargnée (gain).

B. Facteurs particuliers : en règle générale, on peut identifier des facteurs particuliers pour lesquels les résultats indiquent clairement la présence d'un ajustement ou d'une substitution entre les risques, et ces résultats ont des implications pour la formulation de politiques. En s'inspirant de formulations récentes (Gaudry, 1989), mentionnons à titre d'exemples :

- une hausse des *coûts d'entretien* des véhicules réduit le nombre et la gravité des accidents ; en conséquence, **l'utilisation d'un véhicule en mauvais état ne constitue pas une présomption de négligence** parce qu'on s'attend à ce que le consommateur compense. De même, forcer les consommateurs à rencontrer des normes d'entretien trop élevées peut augmenter le nombre des victimes ;
- à demande routière donnée, *la disponibilité plus grande des ceintures de sécurité* a augmenté toutes les catégories d'accidents et le taux de morbidité mais réduit le taux de mortalité des accidents de manière à laisser inchangé le nombre de tués. Toutefois, des hausses des ventes d'essence (sans doute des vitesses) auraient par ailleurs augmenté le nombre de

2. Ce résultat semble vrai pour la province dans son ensemble et pour la Communauté urbaine de Montréal ; dans le cas de la Sûreté du Québec, une hausse de la surveillance policière réduit le nombre de blessés et de tués, et donc le nombre de victimes.

toutes les catégories de victimes. Ceci donne à croire que le libre port de la ceinture va de pair avec un comportement de compensation ou une hausse des vitesses. **Le port de la ceinture ne constitue donc pas une présomption de conduite prudente** : il peut toutefois être une sage mesure de protection en cas d'accident ;

- une *température inconfortable* (plus chaude ou froide que la moyenne de septembre) augmente le nombre total d'accidents mais induit une substitution entre tués et blessés³. La pluie et la neige augmentent aussi le nombre total d'accidents mais n'ont pas d'effet significatif sur le nombre de blessés et de tués à cause de variations compensatoires du nombre d'accidents avec dommages corporels et de leur gravité. Toutes les variables climatiques indiquent donc la présence de substitution entre le nombre d'accidents et leur gravité. **Conduire par mauvais temps ne constitue donc en rien une présomption d'imprudence** à cause des comportements compensatoires auxquels on peut s'attendre.

Par contre, plusieurs des résultats associés à des lois plus sévères ou à des amendes plus élevées, comme l'implantation du régime de points de démérite en 1973 et la hausse considérable des amendes en 1982 — facteurs mentionnés plus haut dans la liste — indiquent une baisse des accidents de toutes catégories et, malgré des effets divers sur la gravité des accidents qui ont toujours lieu, indiquent aussi une baisse des victimes de toutes catégories.

Par ailleurs, plusieurs résultats de DRAG permettent de mesurer l'impact de changements de régimes d'assurance, comme l'implantation de l'assurance automobile obligatoire en 1961 ou la mise en application en 1978 d'un régime d'assurance et de tarification sans égard à la faute. Dans une étude spécifique de l'impact de cette dernière loi (Gaudry, 1991), nous estimons qu'elle a causé une augmentation du nombre des *accidents avec dommages matériels seulement* de 7%, une augmentation du nombre des *blessés* de 24% et une augmentation du nombre des *tués* de 9%. Nous suggérons que ces effets partiels représentent sans doute une estimation conservatrice des effets du nouveau régime, tels qu'une analyse visuelle intuitive des données de police utilisées dans DRAG et l'expérience des compagnies d'assurance automobile les évalueraient. Nous concluons que, si on tient compte des effets de déclaration, de l'obligation d'assurance et de la tarification uniforme indépendante du dossier de conduite associées à la loi, la suppression de la notion de faute qu'on y trouve par ailleurs est sans signification véritable dans l'explication de ces résultats.

Deux résultats associés aux états physiologiques sont d'un intérêt particulier. Le premier est que la grossesse augmente en moyenne le nombre d'accidents et réduit leur gravité, mais qu'il existe des différences importantes entre les deux premiers mois de grossesse, alors que la gravité des accidents augmente, et les autres mois. Comme hypothèse explicative, nous avons développé la **conjecture 7**:

3. L'arbitrage implicite est 22 blessés par tué.

« Une hausse du ratio entre les hormones estrogènes et la progestérone qui n'est pas compensée par une hausse suffisante des hormones androgènes réduit la capacité à accomplir des tâches mécaniques apprises. »

En plus d'expliquer nos résultats obtenus à l'aide de données agrégées définies pour le Québec dans son ensemble, la conjecture 7 a l'avantage d'expliquer des résultats britanniques (Skegg *et al.*, 1979) sur l'influence des médicaments sur la probabilité d'accident obtenus à partir d'un échantillon désagrégé d'individus. Dans cette étude, les anovulants constituaient la catégorie de médicaments qui augmentait le plus la probabilité d'accident : ils augmentaient le risque relatif 5.6 fois — les tranquillisants l'augmentaient 5.2 fois et les médicaments en général 2.0 fois. Comme **les anovulants** augmentent le ratio d'estrogènes à la progestérone par plus qu'un ordre de grandeur⁴, **créant ainsi une sorte d'état de grossesse permanent**, on peut s'attendre à ce qu'ils affectent la performance. Ma conjecture, inspirée de résultats obtenus sur les rats (Zuckerman, 1952), est pertinente pour l'explication des accidents en général. Il y aurait donc lieu d'explorer plus en profondeur⁵ la relation entre les états hormonaux en général — et pas seulement ceux qui sont affectés par la grossesse ou les anovulants — et les accidents.

Le second résultat est qu'une hausse de la consommation totale d'alcool est associée à une baisse du nombre de tués. À cet égard, nous avons formulé la **conjecture « mélange-conducteurs »** que voici :

« Lorsque la consommation agrégée d'alcool augmente en partant d'un niveau par habitant relativement faible, **la grande majorité [des conducteurs] consomme un peu d'alcool, ce qui réduit leur risque par rapport à ce qu'il aurait été s'ils n'avaient pas bu** — peut-être parce qu'ils compensent ou sont alors moins agressifs ; cette réduction fait plus que compenser la hausse de risque encourue par la minorité [des conducteurs] qui boit beaucoup plus, suivant leurs proportions relatives sur la route. »⁶

D'autres résultats obtenus à partir d'équations subsidiaires au modèle DRAG, équations formulées pour expliquer les ventes d'alcool au Québec, suggèrent que la loi sur l'ivressomètre (loi fédérale selon laquelle le taux légal d'alcoolémie au volant est 0,08 g, ou 80 mg, d'alcool par 100 ml de sang) y a fait augmenter les ventes d'alcool de 4% : il faut alors comprendre que beaucoup de conducteurs qui ne buvaient pas se seraient mis à boire un peu, ce qui aurait réduit le nombre de morts.

Des résultats compatibles avec ceux de DRAG ont depuis été trouvés par des groupes néo-zélandais (Scott *et al.*, 1987) et norvégien (Fridström *et al.*,

4. Nous avons calculé un ratio moyen de 33 pour 24 marques disponibles en 1978.

5. Une reformulation de notre conjecture pourrait par exemple distinguer entre les effets des niveaux et les effets des ratios de différentes hormones.

6. Plus formellement : si la courbe de risque de l'individu a une forme en U (quadratique), l'effet agrégé d'une hausse de la consommation d'alcool dépendra de sa répartition parmi les conducteurs.

1989) cherchant à déterminer le rôle de l'alcool à l'aide de modèles d'accidents routiers de nature agrégée. Tout ceci suggère qu'il est urgent de mettre à l'épreuve notre conjecture à l'aide d'études désagrégées et qu'une réévaluation du rôle de l'alcool peut être de mise afin de distinguer clairement, s'il y a lieu, entre les effets d'une faible consommation et ceux d'une consommation élevée, étant donné que ces effets sont peut-être contraires. Il est aussi certain que, si la courbe de risque a une forme en U, on ne la détectera qu'avec des formes mathématiques appropriées : trop souvent la technique utilisée pour l'estimer n'est pas assez discriminante pour détecter une forme en U et suppose même implicitement que l'effet ne peut changer de direction en fonction de la dose. Il est aussi très souhaitable que ces études soient financées par l'État.

C. Technique d'estimation : dans le cas des deux tiers des équations du modèle, nous rejetons avec une grande confiance l'hypothèse que la forme est linéaire ou multiplicative : ces formes sont utilisées *a priori* dans beaucoup d'études. Nos résultats nous permettent en particulier de **rejeter très fortement l'hypothèse que la fréquence des accidents est proportionnelle à l'exposition au risque**. Ceci signifie qu'un modèle qui aurait cherché à expliquer le nombre d'accidents par kilomètre est ici très inférieur à un modèle qui ne suppose pas cette proportionnalité : nous trouvons en effet une relation qui est beaucoup moins que proportionnelle.

CONCLUSION

Les gens qui posent des questions complexes doivent s'attendre à des réponses complexes, réponses qui ne sont pas fournies par des modèles simplistes. DRAG peut être amélioré de maintes façons : on peut envisager de nouvelles variables, de nouvelles formulations, et des améliorations de la banque de données et des méthodes statistiques utilisées. À cet égard, une version allemande en développement, qui s'appelle SNUS (*StrassenverkehrsNachfrage, Unfälle und ihre Schwere*), devrait éclairer plusieurs des résultats trouvés pour le Québec. De plus, comme nous l'avons mentionné plus haut, les modèles agrégés comme DRAG ou SNUS, qui expliquent des totaux nationaux ou régionaux, doivent recevoir des compléments d'information de modèles qui utilisent des niveaux d'agrégation plus fins : à cet égard, on peut beaucoup espérer de modèles de la même famille qui sont en élaboration en Scandinavie, où les données sont disponibles par comté (19 en Norvège, 21 en Suède, etc.), et éventuellement de d'autres travaux faits avec des données individuelles.

BIBLIOGRAPHIE

FRIDSTRÖM, L., T. BJORNSKAU, R. MUSKAUG et S. INGEBRIGTSEN (1989), « The Determinants of Personal Injury Road Accidents in Norway : An Aggregate Modelling Approach », Working Paper Q-98, Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research, Oslo, Norway, January.

- GAUDRY, M. (1984), «DRAG, un modèle de la Demande Routière, des Accidents et de leur Gravité, appliqué au Québec de 1956 à 1982», Publication #359, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, octobre, 216 pages. À paraître en version anglaise dans *Accident Analysis and Prevention*.
- GAUDRY, M., D. BALDINO et T.C. LIEM (1984), «FRQ, un Fichier Routier Québécois», Publication #360, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, octobre, 225 pages.
- GAUDRY, M. (1989), «Responsibility for Accidents: Relevant Results Selected from the DRAG Model», *Canadian Business Law Journal/Revue Canadienne de Droit de Commerce*, 16, 1: 21-33.
- GAUDRY, M. (1991), «Measuring the Effects of the No-Fault 1978 Quebec Automobile Act with the DRAG Model» in G. DIONNE, (ed.) *Contributions to Insurance Economics*, Kluwer Academic Publishers: 471-498.
- SCOTT, G., G. PITTAMS et N. DERBY (1987), «Regression Model of New Zealand Road Casualty Data: Results of a Preliminary Investigation», Transport Research Section, Ministry of Transport, mai.
- SKEGG, D.C.G., S.M. RICHARDS et R. DOLL (1979), «Minor Tranquillisers and Accidents», *British Medical Journal* 1: 917-919.
- ZUCKERMAN, S. (1952), «The Influence of Sex Hormones on the Performance of Learned Responses», in *Hormones Psychology and Behaviour and Steroid Hormones Administration*, Ciba Foundation Colloquia on Endocrinology, J. and A. Churchill Ltd, London: 39-44.