

# LA RELATION TRAFIC-ACCIDENTS SUR AUTOROUTE. Approche statistique empirique.

Isabelle THOMAS  
Docteur en sciences  
Chercheur qualifié au F.N.R.S.,  
Département de Géographie de l'U.C.L.,  
Louvain-la-Neuve (Belgique)

## INTRODUCTION

En Belgique, le nombre d'accidents de la circulation sur autoroutes croît de façon inquiétante. Cette croissance est d'autant plus inquiétante qu'elle est plus que proportionnelle à celle du trafic sur ces routes. La présente étude vise à cerner les circonstances prévalant aux accidents sur autoroutes et, plus particulièrement, à formaliser la relation existant entre les accidents et le trafic.

Pris isolément, l'accident de la circulation peut être vu comme un événement dû à des facteurs aléatoires, occasionnels et donc imprévisibles, ou comme un événement résultant d'un ensemble de circonstances non aléatoires, mesurables et maîtrisables telles les caractéristiques du véhicule, du conducteur, de l'environnement humain, du réseau routier, du trafic, etc. L'occurrence d'un accident comporte donc une part d'aléatoire et une part de déterminisme. Ces parts varient et peuvent prendre n'importe quelle valeur, de 0 à 100 % (voir par ex. NICHOLSON, 1986). La concentration de grands nombres d'accidents en certains points de l'espace ou du temps amène à se pencher sur des critères mesurables de causalité. Les facteurs explicatifs potentiels sont très nombreux et fortement interdépendants : caractéristiques de l'utilisateur (FLEURY et YERPEZ, 1989; VOTEY, 1986; etc), de la route (AGENT et DEEN, 1973; ...), de l'environnement (HAGHIGHI-TALEB, 1973; SCATTERWAITE, 1976), du comportement du conducteur (BARJONNET, 1989), de l'infrastructure, etc.

La présence de véhicules sur la route est la base de l'existence même des accidents. Le volume de trafic est donc une variable souvent utilisée dans l'estimation du nombre d'accidents ou dans le calcul du risque d'accident : au plus il y a de véhicules sur la route, au plus il y a de situations de conflit et donc d'accidents. Pour les accidents avec lésions corporelles, ceci se vérifie en moyenne mais cette relation est à nuancer : elle serait valable jusqu'à un seuil T de trafic au-delà duquel il est mécaniquement improbable que le nombre d'accidents avec lésions corporelles augmente (OPPE, 1979; 1991). Files et ralentissements engendrent tout au plus des accidents avec dégâts matériels. CHANG (1982) ou SCOTT (1986), par exemple, insèrent la variable trafic dans la série de grandeurs à utiliser pour permettre l'évaluation du nombre et du risque d'accidents; PERKINS et THOMPSON (1983) reprennent également cette grandeur et la classent en tête dans la liste des variables à prendre en considération pour une estimation fiable du nombre d'accidents sur autoroutes. La densité du trafic influe sur la vitesse : quand le volume de trafic augmente, la vitesse adoptée n'est plus stable (FERRARI, 1989), et le système de transport qu'est l'autoroute devient dangereux car instable (décélération, choix d'une bande de circulation, etc). La relation entre la densité d'accidents au kilomètre et la volume journalier de trafic est concave (ou linéaire) pour tous types de véhicules confondus (CEDER et LIVNEH, 1978). La relation entre le nombre d'accidents au kilomètre et le volume journalier du trafic est, quant à elle, convexe (ou linéaire) dans l'ensemble. La forme de la relation peut changer quelque peu d'année en

année. Il revient donc à ces auteurs de proposer un modèle descriptif mais également prédictif du nombre d'accidents avec lésions corporelles sur autoroutes plutôt que d'établir des listes de variables influençant ce nombre. HAKKERT et MAHALEL (1978) adoptent cette même démarche mais étudient surtout le nombre d'accidents aux carrefours. JANSSEN (1989), lui aussi, propose un modèle de ce genre mais établit plutôt une relation linéaire entre le nombre d'accidents et le volume journalier de trafic.

Isoler le trafic des autres facteurs d'accidents pour toutes les routes du pays serait discuter un modèle mal spécifié. En effet, la littérature montre que bien des facteurs interviennent dans l'explication des accidents et qu'ils ne sont pas indépendants (OPPE 1979;1991). L'analyse du lien simple entre accidents et volume de trafic ne reflète donc pas l'effet du seul trafic car bien des facteurs explicatifs lui sont liés. Malheureusement, la disponibilité des statistiques limite les démarches : les statistiques désagrégées livrent de nombreux renseignements individuels sur l'accident ou l'utilisateur impliqué; les données relatives au trafic sont, par définition, agrégées par tronçon de route. Travailler avec des statistiques agrégées oblige de travailler avec des biais et donc de développer un modèle imparfait (HAUTZINGER, 1986). Ce problème ne saurait être parfaitement résolu au niveau d'un test empirique.

Pour isoler l'effet du trafic, deux solutions se présentent, soit organiser un test sur un ensemble d'observations où les autres facteurs sont quasi constants (variance faible), soit organiser un test qui prenne simultanément en compte le trafic et les facteurs qui y sont liés. Pour ce faire, l'étude se limitera aux autoroutes où de nombreux facteurs sont quasi-constants (pas de carrefour, au moins deux bandes de circulation, etc). L'étude analysera le lien accidents = f(trafic, facteurs restants, mesurables et mesurés).

Le but de ce papier est d'estimer la relation entre le nombre d'accidents et le volume de trafic, d'en calculer l'évolution et d'en estimer la forme pour la Belgique. Enfin, il s'agit aussi de montrer l'existence éventuelle d'un seuil critique de trafic au-delà duquel le nombre d'accidents n'augmente plus vu la congestion des routes et de déterminer ce seuil. Seules les autoroutes belges seront retenues dans l'analyse.

## 1. INSECURITE ROUTIERE SUR LES AUTOROUTES BELGES

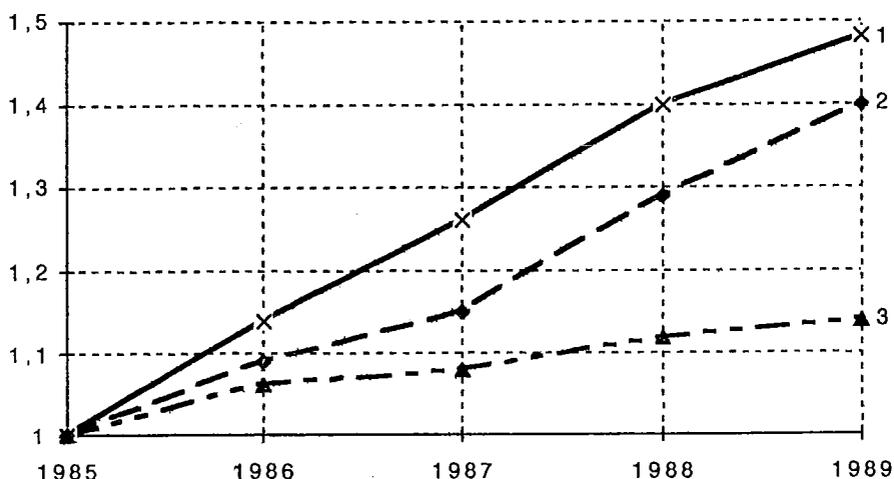
La Belgique compte 3104 accidents avec lésions corporelles sur autoroutes ou échangeurs soit 4.9 % du total des accidents enregistrés. Parmi ceux-ci, 2369 accidents se produisent sur une autoroute en-dehors de tout carrefour, c'est-à-dire en-dehors de toute situation directe de conflit. Si ce type d'accident ne représente que 4.9% des accidents, ils comptent 11.1 % du total des tués par accidents de la route et 5.7 % des blessés graves. Autrement dit, pour 100 accidents avec lésions corporelles survenant sur autoroute, on enregistre 5.9 tués alors que ce rapport est de 2.5 seulement sur les autres routes. Les accidents sur autoroute sont donc particulièrement graves. La concentration des accidents par kilomètre de route est également beaucoup plus forte (1.9 accident par kilomètre d'autoroute, 0.6 accidents par kilomètre de route) alors que la probabilité d'accident par kilomètre parcouru est beaucoup plus faible sur autoroute.

Le nombre d'accident sur autoroute augmente de façon inquiétante (FIGURE 1) : il augmente de façon plus que proportionnelle au trafic ou aux accidents sur les autres routes (THOMAS, 1991). Il importe donc d'accorder une attention particulière à l'étude des accidents sur les autoroutes.

## 2. DEFINITION DES TERMES DE L'HYPOTHESE

Le test d'hypothèse est restreint aux autoroutes. Eliminer les autres routes signifie maximiser l'homogénéité des caractéristiques de roulage; le réseau autoroutier est un réseau où la sécurité routière est assez bonne et où les conditions de roulage sont homogènes : pas de carrefour à niveau, deux à trois bandes de circulation dans chaque sens, berme centrale de sécurité, peu de virages, etc. La variation des conditions de circulation est beaucoup plus forte entre types de routes qu'entre tronçons d'autoroutes. Supprimer une large part de la variation des conditions de circulation, signifie mieux isoler la relation trafic-accident.

Graphique 1



*Evolution relative des accidents (1) et du trafic (2) sur les autoroutes belges entre 1985 et 1989 ainsi que l'évolution du nombre d'accidents sur les autres routes (3).*

Si les recensements quinquennaux de trafic établis par le Ministère des Travaux Publics fournissent un nombre impressionnant de mesures, chaque année des données partielles de volume de trafic sont fournies grâce aux comptages automatiques (M.T.P., 1989). Ces mesures intercensitaires permettent de suivre l'évolution des volumes de véhicules sur quelques tronçons privilégiés. Les comptages sont effectués sur des sections d'autoroutes hors échangeurs. En 1988, 138 postes de comptage fournissent des données pour le réseau autoroutier belge. Le trafic journalier moyen est défini comme la moyenne journalière de trafic calculée pour la période de 6 à 22 heures, pour tous les types de véhicules et pour les deux sens de circulation confondus. La valeur du trafic utilisée dans cette étude est donc une mesure MOYENNE et non la mesure du trafic au moment de l'accident; la variable utilisée ne tient pas compte de la variance minute par minute ou heure par heure. Or, celle-ci pourrait être grande (voir paragraphe 4).

Seuls les accidents avec lésions corporelles font l'objet d'une statistique exhaustive (I.N.S., 1988) : il n'existe aucune base de données complète sur les accidents

n'entraînant que des dégâts matériels puisque l'intervention des forces de police n'est alors pas obligatoire. L'étude portera donc uniquement sur les accidents de la circulation ayant entraîné des lésions corporelles au cours d'une année déterminée. Pour obtenir des résultats plus stables et donc plus fiables, les statistiques de plusieurs années sont communément sommées, mais l'étude de la sécurité routière sur les autoroutes belges a permis de démontrer que le nombre d'accidents et les conditions de trafic évoluent très rapidement au cours de ces dernières années (THOMAS, 1990). Sommer les statistiques de plusieurs années pose donc le problème de l'hétérogénéité des données additionnées. Dès lors, l'hétérogénéité entre années est considérée comme plus forte que l'hétérogénéité spatiale autour du point de mesure : le bruit statistique est minimisé en allongeant la longueur des tronçons.

Pour évaluer la relation trafic - accidents, à chaque mesure du trafic est associée une mesure du nombre d'accidents. Ce nombre se rapporte à un linéaire d'autoroute sur lequel on peut raisonnablement extrapoler le nombre de véhicules enregistrés au poste de comptage du trafic qui en fait partie. La définition du tronçon d'autoroute est la suivante : linéaire de  $x$  kilomètres de part et d'autre de la borne kilométrique du poste de comptage.  $x$  est fixé à 1.5 et 2.5 kilomètres soit des longueurs de tronçons de 3 et 5 kilomètres car :

(1) la plupart des postes de comptage sont situés très près les uns des autres. En effet, 59 % des 122 distances inter-postes sont comprises entre 2 et 5 kilomètres ( 29 % entre 5 et 10 kilomètres et 12 % plus de 10 kilomètres ). Ainsi, augmenter les distances de part et d'autre de chaque poste signifierait accroître considérablement les chevauchements des mesures;

(2) un linéaire plus important (supérieur à 5 kilomètres) peut être ponctué par davantage d'entrée(s)/sortie(s) d'autoroute ou d'échangeur(s) qui sont autant de perturbations physiques entraînant des modifications dans le volume et la composition du trafic;

(3) enfin, il n'est pas souhaitable de prendre un linéaire trop petit (inférieur à 3 kilomètres) car ils se rapprochent alors davantage du ponctuel et donc d'une variation aléatoire des chiffres d'accidents (petits chiffres).

La relation étudiée concerne donc les accidents avec lésions corporelles et le trafic journalier moyen sur des tronçons prédéfinis d'autoroutes. A quelques exceptions près, toutes les autres variations (dans le temps, dans l'espace, des autres variables comportementales, etc) sont ignorées. L'étude se cantonne à la relation trafic-accidents (plus quelques autres variables), c'est-à-dire à un petit nombre de cas parmi l'infinité des cas possibles et pour un type de route.

### 3. MESURE DE LA RELATION TRAFIC-ACCIDENTS

#### 3.1 Mesure de la relation linéaire simple

##### 3.1.1 Méthodologie

La corrélation et la régression sont des méthodes classiquement utilisées en modélisation économétrique ou pour décrire et "expliquer" des phénomènes géographiques à l'aide de variables "indépendantes", tout particulièrement lorsque les paramètres mis en relation sont mesurés sur des échelles continues. Elles seront retenues dans ce travail, dont le but est d'estimer en termes statistiques la variation géographique d'une quantité (les accidents) en fonction d'une autre quantité (le trafic) mesurée

indépendamment de la première. Les prérequis de chaque méthode sont vérifiées cas par cas.

Idéalement, le volume de trafic devrait être noté au moment de l'accident au même titre que les variables liées à l'usager, au véhicule et à l'environnement sur le formulaire statistique dressé pour chaque accident (I.N.S., 1989). Cette approche individuelle présenterait l'avantage de mesurer l'importance relative du trafic dans l'explication générale de l'occurrence de l'accident et de déterminer avec précision la part d'explication et la part d'aléatoire. Pratiquement, cette démarche est non réalisable faute de mesure de trafic à l'endroit et au moment précis de l'accident.

L'approche agrégée ignore les variations individuelles : la mesure ponctuelle de trafic est extrapolée à un tronçon de route de longueur déterminée et les accidents sont agrégés sur ce même tronçon. L'agrégation agit comme un filtre, supprimant le bruit que constitue les variations individuelles. Agréger signifie postuler l'homogénéité des unités spatiales et ignorer les variations individuelles. Selon toute vraisemblance, cette méthode est plus satisfaisante en termes de coefficient de détermination ( $R^2$ ) pour des raisons purement statistiques; les résultats d'un modèle agrégé seront donc plus utiles en termes de prédiction qu'en termes d'explication scientifique par un ensemble de variables. Tel est le but poursuivi.

### 3.1.2 Corrélations simples

L'analyse de la relation trafic-accidents conforte l'attente : elle fait apparaître d'emblée que plus le trafic augmente, plus le nombre d'accidents croît sur les autoroutes (TABLEAU 1). Les coefficients de corrélation simple calculés pour les années 86 à 89 sont tous positifs et supérieurs à 0.64. Tous sont significatifs au seuil de 0.0001. Au moins 40 % de la variation spatiale du nombre d'accidents est dû à la variation du volume du trafic. Il importe de rappeler ici que la non-prise en considération de variables explicatives autres que le trafic fait que le modèle est mal spécifié, que la corrélation subit l'influence des variables absentes du modèle mais présentes dans la réalité, et que donc les valeurs ne sont qu'indicatives. Les précautions prises précédemment devraient cependant minimiser les biais précités.

Tableau 1

ACC-		1989	1988	1987	1986
TRAF	r	0.64	0.67	0.71	0.75
	n	165	146	124	106
	a	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
CAM	r	-0.33	-0.31	-0.43	-0.51
	a	0.0038	0.0056	0.0002	0.0001
VAR <sub>1985</sub>	r	N.S.	N.S.	0.35	0.32
	a			0.0038	0.0180

*Coefficients de corrélation entre le nombre annuel d'accidents par kilomètre (ACC) et le trafic journalier moyen (TRAF), le pourcentage de poids lourds (CAM) ou la variation journalière du volume de trafic (VAR)(r : coefficient de corrélation, n : nombre d'observations, a : seuil de signification)*

L'intensité de la relation mesurée diminue régulièrement dans le temps : en 1986, la relation trafic-accidents est plus forte qu'en 1989. La tendance est régulière et certains coefficients sont significativement différents entre eux, même s'ils ne le sont pas tous. Plusieurs explications peuvent être avancées :

- si la relation diminue, cela signifie que de plus en plus d'autres facteurs "expliquent" la variation spatiale du nombre d'accidents ou, au contraire, que de moins en moins de facteurs "expliquent" cette variation : l'accident serait dû à des facteurs essentiellement aléatoires. Une étude préalable des types d'accidents (THOMAS, 1990) sur autoroutes amène à rejeter l'hypothèse d'une occurrence de plus en plus aléatoire des accidents. Cette étude démontre que le nombre d'accidents sur autoroutes augmente en conditions exceptionnelles (visibilité et luminosité médiocres, état de la route non sec, peu de trafic, etc) : la vitesse de l'usager est très souvent inadaptée menant au non contrôle du véhicule dès le moindre changement dans les conditions de roulage;
- une explication possible de ce processus pourrait être le fait que des volumes de trafic très élevés (de plus en plus proches de la saturation) sont synonymes d'une réduction du nombre d'accidents avec lésions corporelles pour des raisons purement mécaniques (files, ralentissements), entraînant tout au plus des accidents avec dégâts matériels (OPPE, 1979);
- enfin, la relation entre trafic et accidents n'est peut-être pas/plus linéaire : elle doit s'exprimer sous forme plus complexe (exponentielle, quadratique, etc).

La suite de cet article permet de préciser quelques éléments de ces hypothèses.

## 3.2 Tentatives d'amélioration du modèle

### 3.2.1 Explications multivariées

Le trafic journalier est une mesure moyenne dont la variance heure par heure doit être grande en de nombreux lieux; la source statistique utilisée fait mention pour le recensement de 1985 (M.T.P, 1985) de l'intensité horaire maximum enregistrée, en plus de l'intensité du jour concerné. Le rapport de l'un par rapport à l'autre donne l'importance relative de l'heure la plus chargée au cours d'une journée. Ce rapport varie de 9.0 % à 19.1%. Cet indice pourrait constituer une approximation de la variance par heure. Il n'est cependant disponible que pour le recensement de 1985 et amène à postuler que ce rapport est constant de 85 à 89 ( $VAR_{1985}$ ). Posons l'hypothèse que, à intensités de trafic égales, le tronçon ayant une valeur élevée de l'indice a plus d'accidents que celui à indice faible.

$VAR_{1985}$  est ensuite mise en relation avec les accidents de chaque année (TABLEAU 1). La relation est faible en 1986 et 87 puis devient non significative : la variation horaire du trafic n'influe pas sur la variation du nombre annuel moyen d'accidents. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que lorsque le trafic est plus faible, une dispersion élevée peut induire plus d'accidents MAIS lorsque le volume de trafic devient plus important, l'effet de  $VAR_{1985}$  diminue puisque le volume de trafic atteint la saturation, induisant moins d'accidents avec lésions corporelles.

Un trafic composé essentiellement de poids lourds peut également avoir une incidence sur les accidents indépendamment du seul trafic. Par leur implication dans des accidents graves, les poids lourds constituent une source d'insécurité subjective voir objective sur les routes (EECKHOUDT et THOMAS, 1990). La part de trafic lourd (notée  $CAM_{1985}$ ) est également une variable mesurée lors du recensement quinquennal de 1985. Elle peut être mise en relation avec les accidents (tableau 1). Le coefficient de corrélation est significatif pour chaque année et diminue avec le temps. Contrairement à l'attente, les coefficients sont négatifs : ce sont les tronçons avec une faible proportion de trafic lourd qui enregistrent beaucoup d'accidents; cette relation tend à s'estomper au cours du temps.

Si les influences individuelles de VAR<sub>1985</sub> et de CAM<sub>1985</sub> sur le nombre d'accidents sont faibles, il se pourrait que leurs interactions avec le trafic soient élevées. Les trois variables explicatives potentielles mesurables (TRAFIC, VAR<sub>1985</sub>, CAM<sub>1985</sub>) ont donc été introduites dans une régression multiple afin de tester leurs interactions. Seul le trafic (nombre de véhicules par jour divisé par 10000) rentre significativement dans l'équation (seuil de signification de 0.0001).

$acc_{1986} = -0.417 + 0.586 \text{ TRAFIC}_{1986}$	$R^2=56.89 \%$
$acc_{1986} = -0.090 + 0.511 \text{ TRAFIC}_{1986}$	$R^2=50.02 \%$
$acc_{1986} = -0.344 + 0.588 \text{ TRAFIC}_{1986}$	$R^2=45.34 \%$
$acc_{1986} = -0.588 + 0.633 \text{ TRAFIC}_{1986}$	$R^2=40.96 \%$

En 1989, l'explication agrégée des accidents avec lésions corporelles sur autoroutes est due à 41 % à l'intensité de trafic. Les autres variables potentielles n'entrent pas significativement dans l'équation. Un grand nombre d'autres paramètres expliquent donc la variation du nombre d'accidents. D'autres variables devraient être considérées : environnement, météo, etc tout en laissant une large part au hasard.

Tableau 2

Seuil de trafic (véhicules par jour)		SUPERIEUR AU SEUIL		INFERIEUR AU SEUIL	
		(1)	(2)	(1)	(2)
50000	r	0.415	0.445	0.535	0.514
	n	59	59	106	106
	a	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001
55000	r	0.434	0.477	0.584	0.581
	n	55	55	110	110
	a	0.0009	0.0002	0.0001	0.0001
60000	r	0.425	0.491	0.659	0.655
	n	47	47	118	118
	a	0.0029	0.0005	0.0001	0.0001
65000	r	0.373	0.419	0.613	0.623
	n	42	42	123	123
	a	0.0150	0.0057	0.0001	0.0001
70000	r	N.S.	N.S.	0.637	0.648
	n	32	32	133	133
	a			0.0001	0.0001

Coefficients de corrélation (r) pour différents seuils de trafic entre le volume de trafic et le nombre d'accidents (1) et le logarithme du nombre d'accidents (2), et seuil de signification (a) ainsi que nombre d'observations (n).

### 3.2.2 Transformations de la variables à expliquer

Afin d'atteindre une meilleure conformité à l'exigence de la normalité requise pour la validité des tests, certaines transformations ont été appliquées à l'équation de 1989 : - tout d'abord, l'étude de la distribution de la variable dépendante amène à adopter une transformation logarithmique de acc<sub>1989</sub> (meilleures valeurs de Skewness et Kurtosis).

Cette nouvelle formulation est non seulement plus exacte en matière d'application de la régression mais elle ajuste beaucoup mieux la distribution étudiée :

$$\log(\text{acc}_{1989} + 1) = 0.298 + 0.155 \text{ TRAFIC}_{1989} \quad R^2 = 57.11 \%$$

- il se pourrait que le volume de trafic agisse de façon plus que proportionnelle sur le nombre d'accidents : un petit nombre de véhicules par jour peut engendrer proportionnellement plus d'accidents qu'un très grand. Dans pareils cas, l'exposant du trafic est supérieur à 1.0. Plusieurs exposants variant de 1.0 à 2.0 ont été appliqués à la variable TRAFIC<sub>1989</sub> pour la relation accidents-traffic et log(accidents)-traffic. La première relation est la meilleure avec un exposant de 1.6 au trafic (coefficient de corrélation de 0.649) mais la seconde est la meilleure avec un exposant de 1.0 et est supérieure à toutes les autres relations mesurées (coefficient de corrélation de 0.739).
- Étant donné la non-linéarité suggérée ci-dessus, posons que la relation trafic-accidents est différente en-deçà d'un certain seuil de trafic qu'au-delà de ce même seuil et testons cette hypothèse. Plusieurs valeurs de trafic ont été utilisées pour diviser les données en deux sous-ensembles (TABLEAU 2). Seule l'année 1989 est retenue car les valeurs de trafic y sont les plus élevées. Pour les seuils de trafic inférieurs à 70000 véhicules, un coefficient significatif est obtenu pour chaque sous-ensemble défini. À partir de 70000 véhicules par jour, le lien entre le nombre d'accidents et le trafic n'est plus significatif : pour les fortes valeurs de volume de trafic, la variation du nombre d'accidents relève du hasard ou de configurations locales très particulières, à moins que, plus prudemment, nous ne puissions simplement rien dire sur ce sous-ensemble, les petits échantillons protégeant toujours l'hypothèse nulle.

### 3.2.3 Transformation quadratique

Par jeu statistique et mathématique, et étant donné le rôle du trafic dans l'explication, la relation établie entre le nombre d'accidents et le volume de trafic a été déterminée par un modèle de régression quadratique de la forme  $X = b + b_1 \cdot Y + b_2 \cdot Y^2$ . Il est en effet apparu après de nombreux tests que cette forme était la plus adéquate pour expliquer le phénomène. Elle confirme l'hypothèse de certains auteurs (OPPE, 1979). Ainsi, 83 % de la variation totale de la variable dépendante sont expliqués.

$$(\text{Acc.})_{\text{exp.}-0,5} = 9,85.10 \text{exp.}-5(\text{Trafic}) - 5.10 \text{exp.}-10(\text{Trafic})^2$$

L'analyse fine du dessin de la courbe et du nuage de points suggère que le nombre d'accidents augmente avec le volume du trafic jusqu'au seuil de 70000 véhicules par jour au-delà duquel on ne peut RIEN dire (petit échantillon). Au-delà de ce volume, il ne semble plus y avoir de relation linéaire entre accidents et trafic, mais le nombre d'observations y est également très petit (5 observations sur 138 qui constituent peut-être un bruit statistique). 65 à 70 000 véhicules par jour sur un tronçon autoroutier paraît donc être un seuil de saturation/congestion du trafic au-delà duquel il devient moins fréquent d'observer des accidents avec lésion(s) corporelle(s). La courbe de régression est très explicite d'ailleurs à cet égard : à partir de la valeur 70000 véhicules par jour, la courbe n'est plus ascendante et entamerait une phase horizontale : c'est un plafond dans le nombre d'accidents.

Par ailleurs, il apparaît que ce sont des observations relevées sur le ring de Bruxelles qui se démarquent du nuage de points. Elles indiquent un volume de trafic compris entre 80 et 100000 véhicules par jour. Cela s'explique aisément lorsqu'on sait la situation et le rôle particuliers qu'occupe ce ring. Par conséquent, cela ne peut influencer de manière déterminante les conclusions proposées.

En-deçà d'un seuil de 70000 véhicules par jour, la relation entre le volume de trafic et le nombre d'accidents est linéaire; au-dessus de ce seuil, la variation est aléatoire (coefficient de corrélation non significatif) : le bruit apporté par les fortes valeurs perturbe la relation générale.

#### 4. Conclusion

Sur les autoroutes, l'insécurité routière est étroitement déterminée par le volume de trafic : la moitié de l'explication de la variation spatiale du nombre d'accidents par kilomètre est due à la variation spatiale du trafic. Les autres paramètres envisagés n'entrent pas significativement dans l'équation de régression. Toutefois, un découpage des données et un modèle quadratique de régression ont permis de montrer que le nombre d'accidents est une fonction croissante du trafic jusqu'au seuil de 70000 véhicules par jour. Au-delà, la fonction semble être quelque peu indépendante du volume de trafic. Entamerait-elle ensuite une phase décroissante ? Aucune mesure ne permet actuellement de confirmer ce processus, mais le phénomène s'explique parfaitement puisque lorsque la saturation/congestion sur l'axe autoroutier est atteinte, la vitesse des véhicules y circulant ne peut que décroître, entraînant du même coup une diminution de la gravité des accidents. Le choix d'une définition du tronçon n'influence pas l'interprétation générale du problème (THOMAS, 1991).

Une étude des circonstances particulières des accidents devrait permettre de compléter l'explication de l'occurrence des accidents sur autoroutes. Les quelques essais d'explication complémentaires proposés ici ainsi que ceux proposés par ailleurs (FERRARI, 1989) amènent à penser qu'il existe bien une concentration d'accidents là où le trafic est important mais que certaines nuances sont à apporter en fonction de particularismes locaux ou comportementaux. Comme tout processus humain et comportemental, l'explication agrégée du phénomène est satisfaisante en termes prédictifs et statistiques. L'explication et la compréhension du processus relèvent de combinaisons complexes de variables comportementales, psychologiques et de particularismes locaux..

#### REFERENCES

- Agent, K. et Deen, R. (1973) Relationship between Roadway Geometrics and Accidents. Transportation Research Board, 541 1-11.
- Barjonnet, P. (1989) Sociologie(s) de la circulation et de la sécurité routière : quelques hypothèses pour un domaine de recherche. Recherche Transports Sécurité, 22 43-48.
- Ceder, A. et Livneh, M. (1978) Further Evaluation of the Relationship between Road Accidents and Average Daily Traffic. Accident Analysis and Prevention, 10 95-109.
- Chang, M. (1982) Conceptual Development of Exposure Measures for Evaluating Highway Safety. Transportation Research Record, 847 37-42;1982.
- Eeckhoudt, F. et Thomas, I. (1991) Radioscopie des accidents impliquant des poids lourds. Traffic Info, 6:1 12 p.
- Ferrari, P. (1989) The Effect of Driver Behaviour on Motorway Reliability. Transportation Research B, 23 291-310.

- Fleury, D. et Yerpez, J. (1989) Lieux des accidents, profils des accidentés et des déplacements. Recherche Transports Sécurité, 23 11-18.
- Giuliano, G. (1989) Incident Characteristics, Frequency, and Duration on a High Volume Urban Freeway. Transportation Research A, 23 5:387-396;1989.
- Haghighi-Thalab, D. (1973) An Investigation into the Relationship between Rainfall and Road Accident Frequencies in two Cities. Accident Analysis and Prevention, 5 349-387.
- Hakkert, S et Mahalel, D. (1978) Estimating the Number of Accidents at Intersections from a Knowledge of the Traffic Flows on the Approaches. Accident Analysis and Prevention, 18 10:69-79.
- Hautzinger, H. (1986) Regression Analysis of Aggregate Accident Data : Some Methodological Considerations and Practical Experiences. Accident Analysis and Prevention, 18 95-102.
- Institut National de Statistique (1989). Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés. Bruxelles: Ministère des Affaires Economiques.
- Janssen, S. (1989) Een nieuwe maatstaf voor onveiligheid. Verkeerskunde, 41 1:34-39.
- Leiva, V. (1991) Le nombre d'accidents de la circulation sur autoroutes est plus élevé à proximité des entrées-sorties qu'ailleurs. Thèse annexe de doctorat, Département de Géographie, Université Catholique de Louvain..
- Ministère des Travaux Publics (1985). Recensement de la circulation routière 1985. Bruxelles: Administration des Routes;.
- Ministère des Travaux Publics (1989). Recensement de la circulation routière 1988 par compteurs automatiques. Bruxelles: Administration des Routes.
- Nicholson, A. (1986) The Randomness of Accident Counts. Accident Analysis and Prevention, 18 3:193-198.
- Oppe, S. (1979) The Use of Multiplicative Models for Analysis of Road Safety. Accident Analysis and Prevention, 11 101-115.
- Oppe, S. (1991) The Development of Traffic and Traffic Safety in six Developed Countries. Accident Analysis and Prevention, 23 5:401-412.
- Perkins, D. et Thompson, H. (1983) Candidate Accident Surrogates for Highway Safety Analysis. Transportation Research Record, 905 147-152.
- Satterthwaite, S. (1976) An Assessment of Seasonal and Weather Effects on the Frequency of Road Accidents in California. Accident Analysis and Prevention, 8 87-96.
- Scott, P. (1986) Modelling Time-Series of British Road Accident Data. Accident Analysis and Prevention, 18 2:109-117.
- Thomas, I. (1990-a) Les accidents sur autoroutes. Approche statistique et cartographique. Bruxelles: rapport interne Gendarmerie.
- Thomas, I. (1990-b) Insécurité routière par linéaire de route. Bruxelles : Gendarmerie. Planche illustrative (9 cartes accompagnées d'un texte).
- Votey, H. (1986) Taking Account of System Interactions in Modelling Road Accidents. Accident Analysis and Prevention, 18 2:85-94.