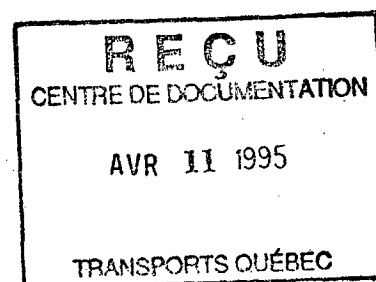


457694

RAPPORT D'ÉVALUATION
DU RAINURAGE SUR
L'AUTOROUTE DÉCARIE



PRÉPARÉ PAR:

YVON THÉBERGE, M.ING., JR.
SERVICES DES RELEVÉS TECHNIQUES
SECTION SÉCURITÉ DES INFRASTRUCTURES

QMTRA
CANQ
TR
GE
FN
525

R É S U M É

SUJET: Le rainurage de l'autoroute Décarie en 1978, entre l'échangeur Turcot et le boulevard Métropolitain, comme mesure de sécurité visant à réduire le nombre d'accidents.

RÉSULTATS: Suite à une étude de type «avant-après» sur plus de cinq ans de données statistiques, la Section Sécurité des infrastructures du Service des relevés techniques du Ministère des Transports du Québec, vous présente ses conclusions:

L'étude démontre de façon certaine que le rainurage a effectivement réduit le nombre total d'accidents de 31%, le nombre d'accidents avec blessés de 34% et le nombre d'accidents avec dommages matériels seulement (D.M.S.) de 30%. Également, le pourcentage de réduction du nombre total d'accidents sur chaussée mouillée, enneigée et glacée à été de 41%.

De plus, les résultats de l'étude d'un tronçon de l'autoroute 25 entre l'autoroute 40 et le pont-tunnel Lafontaine, qui a également été rainuré en 1978 sur 36% de sa longueur, ont démontré une diminution semblable du nombre total d'accidents.

Les conclusions du rapport font également ressortir la rentabilité du rainurage par rapport à ses coûts de construction. Cependant, les lieux et les conditions d'application de la méthode de rainurage doivent faire l'objet d'études pour en assurer la rentabilité et surtout l'efficacité.

TABLES DES MATIÈRES

<u>SECTION</u>		<u>PAGE</u>
1.0	<u>HISTORIQUE</u> :	1
2.0	<u>DESCRIPTION DE L'ÉTUDE</u> :	2
2.1	PÉRIODES DE RÉFÉRENCE :	3
2.2	AJUSTEMENT DES DONNÉES :	4
2.3	POPULATION «CONTRÔLE» :	4
2.4	MÉTHODE DE VALIDATION STATISTIQUE :	5
3.0	<u>HYPOTHÈSES DE TRAVAIL ET RÉSULTATS</u> :	6
3.1	<u>HYPOTHÈSE 1: RÉDUCTION DU NOMBRE</u> <u>TOTAL D'ACCIDENTS</u> :	6
	RÉSULTATS: :	7
3.2	<u>HYPOTHÈSE 2: L'INFLUENCE DU RAINURAGE SUR LE</u> <u>NOMBRE D'ACCIDENTS DE MOTOCYCLETTES</u> :	9
	RÉSULTATS: :	9
3.3	<u>HYPOTHÈSE 3: EST-CE QUE LE RAINURAGE DONNE</u> <u>DES RÉSULTATS COMPARABLES SUR D'AUTRES</u> <u>AUTOROUTES</u> :	10
	RÉSULTATS: :	10
4.0	<u>CONCLUSIONS:</u> :	14
ANNEXE A:	 :	18
	<u>DISCUSSION 1: PÉRIODES DE RÉFÉRENCE</u> :	19
	<u>DISCUSSION 2: TEST DU X^2 ET LA NOTION DE</u> <u>DEGRÉ DE LIBERTÉ</u> :	20
	<u>DISCUSSION 3: HYPOTHÈSES DE TRAVAIL</u> :	23

TABLES DES MATIERES

(SUITE)

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
<u>DISCUSSION 4:</u> FACTEURS POUVANT INFLUENCER L'ÉTUDE . . . :	24
A- LA DISTRIBUTION DE VITESSE :	24
B- ÉVOLUTION DU VOLUME DE CIRCULATION. . . :	34
C- DISTRIBUTION HORAIRE DES ACCIDENTS. . . :	38
D- ESTIMATION GLOBALE DE L'INFLUENCE DE CES FACTEURS :	38
ANNEXE B: EXEMPLE D'APPLICATION DU TEST X^2 :	39
ANNEXE C: 1- TABLEAU DES RESULTATS POUR LES MOTOCYCLETTES :	48
2- TABLEAUX DES RÉSULTATS POUR L'AUTOROUTE 15 :	48
ANNEXE D: TABLEAUX DES RÉSULTATS POUR L'AUTOROUTE 25 :	56
BIBLIOGRAPHIE :	64

* * *

1.0 HISTORIQUE:

En 1976, le Service des relevés techniques du Ministère des Transports du Québec entreprenait une étude expérimentale sur la corrélation possible entre le nombre d'accidents survenus sur une chaussée mouillée et le coefficient de friction enregistré sur cette chaussée.

Le Service des sols et matériaux se chargea de relever ce coefficient de friction et le Service des relevés techniques effectua une étude du nombre et de la localisation des accidents survenus sur chaussée mouillée sur les routes du Québec.

La compilation du rapport révéla que l'autoroute 15 (boulevard Décarie) entre l'autoroute 40 et l'échangeur Turcot présentait non seulement un taux d'accidents trois fois plus élevé que la moyenne des autoroutes Québécoises qui absorbaient approximativement le même flot de circulation mais qu'en plus, elle détenait le record peu enviable du nombre d'accidents sur chaussée mouillée.

À la suite de cette étude, le Ministère des Transports du Québec décida de remédier à la situation en rainurant à titre expérimental et pour des fins de comparaison du nombre d'accidents sur chaussée mouillée, une des pires sections du boulevard Décarie du point de vue du nombre d'accidents sur chaussée mouillée. On rainura une section de (un) 1 kilomètre sur la voie ouest, direction sud, à la hauteur du tunnel de la rue Sherbrooke, laissant la même section sur la voie est, direction nord intacte. Le tout fut effectué pour le mois d'octobre 1977.

Les résultats, quoique basés sur une très courte distance et échelonnés sur peu de temps, ont quand même démontré que la section rainurée

enregistrait une diminution du nombre total d'accidents et particulièrement du nombre d'accidents sur chaussée mouillée.

Ce fut alors que l'on décida d'appliquer la méthode du rainurage sur l'ensemble du boulevard Décarie compris entre l'échangeur Turcot et l'autoroute 40.

Les travaux de rainurage furent complétés pour le mois de novembre 1978 dans les deux directions et l'on en confia l'évaluation du point de vue de la sécurité au Service des relevés techniques, Section sécurité des infrastructures.

2.0 DESCRIPTION DE L'ÉTUDE

Pour évaluer une mesure de sécurité tel que le rainurage, il est nécessaire de réaliser une étude dite: «Avant-après». Pour se faire, on relève à un endroit le nombre d'accidents durant la période «avant» et «après» la mise en place de la mesure de sécurité, tout en comparant ces nombres avec l'évolution du nombre d'accidents sur un ensemble de routes reflétant la situation en général. Le reste de la méthode consiste à évaluer correctement le changement au moyen d'un test statistique.

2.1 PÉRIODES DE RÉFÉRENCE

Les périodes de référence «avant» et «après», pendant lesquelles on relève le nombre d'accidents, doivent être égales et autant que possible exemptes d'événements pouvant influencer ce nombre d'accidents.

Dans notre étude, étant donné que les travaux de rainurage se sont échelonnés sur plus d'un an sur le boulevard Décarie, nous avons décidé d'utiliser les années de référence suivantes:

TABLÉAU 1

PÉRIODE «AVANT»	1975
	1976
	1977 (six premiers mois)
PÉRIODE DE CONSTRUCTION	1977 (six derniers mois)
	1978
PÉRIODE «APRÈS»	1979
	1980
	1981 (six premiers mois)

* Pour de plus amples informations au sujet du choix des périodes de référence, voir Discussion 1 Annexe A.

2.2 AJUSTEMENT DES DONNÉES

Afin de rendre nos données plus comparables entre elles, d'année en année, nous avons éliminé tous les rapports d'accidents durant certaines heures de la nuit, soit de 22.00 heures à 6.00 heures, tous les jours au cours des périodes de référence à l'étude.

Cet ajustement était nécessaire car au cours de chaque année de référence, les travaux d'entretien et d'amélioration des autoroutes de la région métropolitaine ont été effectués durant ces heures.

2.3 POPULATION «CONTRÔLE»

Afin de mettre les résultats de cette étude en perspective avec la situation en général sur les autoroutes de la région métropolitaine, nous avons choisi de comparer les caractéristiques des accidents du boulevard Décarie avec l'ensemble des autoroutes du poste 40-170. Cette population «contrôle» englobe les autoroutes suivantes:

TABLEAU 2

<u>Numéro d'autoroute</u>	<u>Description</u>
Autoroute 15	Du pont des Mille Îles à l'autoroute 40
" 15	De l'autoroute 40 à l'autoroute 20
" 20	Du pont Galipeault au centre ville
" 25	Du Pont-tunnel Lafontaine à l'autoroute 40
" 25	Du pont Pie-IX au pont des Mille Îles
" 40	Du pont de L'Île-aux-Tourtes au pont de la Rivière des Prairies
" 138	Du pont Mercier à l'autoroute 20
" 520	De l'autoroute 20 à l'autoroute 40

NOTE: Sur le total des accidents du poste 40-170, l'autoroute 15 (boulevard Décarie) représente environ 15% de ce total.

2.4 MÉTHODE DE VALIDATION STATISTIQUE

Une phase importante d'une étude d'évaluation d'une mesure de sécurité consiste à valider statistiquement les résultats obtenus.

En général, la méthode consiste à comparer le rapport du nombre d'accidents survenus sur le site étudié pour une période de temps égale «avant» et «après» l'application d'une mesure de sécurité, avec le rapport du nombre d'accidents survenus dans une plus large population sur la même période de temps «avant» et «après» l'application de la mesure de sécurité.

Le but de comparer avec une population plus large, dans notre cas, le poste 40-170, est de déceler si un changement du nombre d'accidents à un endroit n'est pas dû simplement à un changement du nombre d'accidents dans la population «contrôle» plutôt que dû aux effets de l'application de la mesure de sécurité elle-même.

Une fois que la variation du nombre d'accidents au site de l'étude a été compensée en fonction de celle de la population «contrôle», on évalue le degré de confiance de cette variation qui est généralement de 95% (5% des chances de se tromper).

Techniquement, le test le plus simple et le plus conservateur généralement employé pour valider cette variation du nombre d'accidents à un lieu donné, est le test du khi-deux (X^2) avec un (1) degré de liberté.

$$X^2 = \frac{(a - b/c)^2}{(a + b/c)}$$

où a = Nombre d'accidents sur le site étudié après
l'application de la mesure.

- b = Nombre d'accidents sur le site étudié avant l'application de la mesure.
- c = Rapport du nombre d'accidents après l'application de la mesure sur le nombre d'accidents avant l'application de la mesure pour la population «contrôle».

Ce test a été développé pour de petits échantillons, soit moins de 50 accidents, mais son application pour de grands échantillons est tout à fait valable. En effet, l'utilisation du test X^2 pour évaluer un changement dans un grand échantillon donnera un test un peu plus conservateur.

Pour de plus amples informations au sujet de ce test et de la notion de degré de liberté, voir Discussion 2, Annexe A.

3.0 HYPOTHÈSES DE TRAVAIL ET RÉSULTATS

3.1 HYPOTHÈSE 1:

«Peut-on affirmer à un niveau de confiance de 95% ou plus, que le nombre d'accidents sur une période de deux ans et demi avant le rainurage sur l'autoroute 15 (boulevard Décarie) est significativement différent du nombre d'accidents sur une période de deux ans et demi après le rainurage?»

Si oui: «Quel est le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents ainsi obtenu après le rainurage?»

* Une discussion plus élaborée sur les hypothèses de travail est présentée aux sections: Discussion 3 et Discussion 4 à l'Annexe A.

RÉSULTATS: La réponse à cette question comporte plusieurs volets:

Les résultats seront divisés selon les types d'accidents.

A) TOUS TYPES D'ACCIDENTS:

Réponse: Oui, on peut affirmer que les accidents de tous types ont baissé significativement après le rainurage.
Le pourcentage de changement relatif (% Δr) enregistré est de -31% au total.

B) ACCIDENTS SUR CHAUSSÉE MOUILLÉE, ENNEIGÉE ET GLACÉE:

Réponse: Oui, on peut affirmer que les accidents enregistrés sur chaussée mouillée, enneigée et glacée ont diminué significativement après le rainurage..
Le pourcentage de changement relatif (% Δr) enregistré est de -41% au total.

C) ACCIDENTS DONT LE CONDUCTEUR A DÉCLARÉ AVOIR ÉTÉ NÉGLIGENT ET/OU AVOIR CONDUIT À UNE VITESSE IMPRUDENTE.

Réponse: Oui, on peut affirmer que les accidents de ce type ont diminué significativement après le rainurage.
Le pourcentage de changement relatif (% Δr) enregistré est de -18,5% au total.

D) ACCIDENTS DONT LA CAUSE DÉCLARÉE EST LE DÉRAPAGE ET/OU LA PERTE DE CONTRÔLE:

Réponse: Oui, on peut affirmer que ce type d'accident a diminué significativement après le rainurage.
Le pourcentage de changement relatif enregistré (% Δr) est de -26,1% au total.

E) ACCIDENTS DONT LA CAUSE DÉCLARÉE EST QUE LE VÉHICULE SUIVAIT DE TROP PRÈS UN AUTRE VÉHICULE: ✓

Réponse: Oui, on peut affirmer que ce type d'accident a diminué significativement après le rainurage.

Le pourcentage de changement relatif enregistré (% Δr) est de -34,8% au total.

F) ACCIDENTS OÙ LE CONDUCTEUR A DÉCLARÉ NE PAS AVOIR CÉDÉ LE DROIT DE PASSAGE: ✓

Réponse: Non, mais le pourcentage de changement relatif enregistré est de -15% au total et ce à 90% de confiance.

COMMENTAIRES

Les résultats que l'on vient de présenter par type d'accident ne comprennent pas les accidents mortels car ceux-ci sont soit inexistant pour certaines années ou bien leurs nombres sont trop petits pour déceler une augmentation ou une diminution significative statistiquement.

Le pourcentage de changement relatif (% Δr) présenté pour chaque type d'accident est celui des accidents totaux enregistrés pour ce type. Dans les tableaux en Annexe C vous trouverez ce même % Δr pour le nombre d'accidents avec blessé(s) et pour le nombre d'accidents avec dommages matériels seulement.

3.2 HYPOTHÈSE 2:

«Peut-on affirmer à un niveau de confiance de 95% ou plus que le nombre d'accidents de motocyclettes sur une période de deux ans et demi «avant» le rainurage sur l'autoroute 15 (boulevard Décarie) est significativement différent du nombre d'accidents de motocyclettes sur une période de deux ans et demi «après» le rainurage?»

Si oui: «Quel est le pourcentage de diminution du nombre d'accidents de motocyclettes ainsi obtenu grâce au rainurage?»

RÉSULTATS:

Le test du X^2 n'est pas concluant sur cette hypothèse car le nombre d'accidents est trop petit pour être significatif à 95%. Cependant à un niveau de confiance d'environ 60%, le pourcentage de changement relatif est égal à ($\% \Delta r$) -42%. C'est-à-dire qu'il y a eu 42% de moins d'accidents de motocyclettes avec blessures et sans blessures (D.M.S.) après la mise en place du rainurage sur le boulevard Décarie. De plus, contrairement au poste 40-170 où l'on a enregistré six (6) accidents mortels, il n'y a aucun accident de ce genre ni avant ni après le rainurage. Cependant, il faut se rappeler que le test n'est pas concluant à 95% avec cette hypothèse. Voir tableau 4, Annexe C.

. . . . /

3.3 HYPOTHÈSE 3:

«Dans quelle mesure, le rainurage comme élément de sécurité peut-il donner des résultats comparables sur d'autres autoroutes?»

RÉSULTATS:

Pour répondre à cette question, nous avons choisi d'étudier un tronçon de l'autoroute 25 situé entre l'autoroute 40 et le Pont-tunnel Lafontaine. La raison de ce choix a été motivée par le fait que ce tronçon d'autoroute a été rainuré sur environ 36% de sa distance étudiée. Ces travaux furent également effectués au cours de l'année 1978, soit au cours de la même période que sur le boulevard Décarie. De plus, le volume de circulation de l'autoroute 25 sur ce tronçon équivaut à environ ^{65%}~~70%~~ de celui de l'autoroute Décarie. Il comporte également le même nombre de voies dans chaque sens et sa géométrie d'autoroute à chaussée encastrée (les voies de circulation sont plus basses que le terrain environnant) ressemble à celle de l'autoroute Décarie.

Réponse: Pour répondre à la question, on peut affirmer que oui, car on enregistre sensiblement les mêmes pourcentages de changement relatif après le rainurage, que sur l'autoroute Décarie. Vous trouverez les résultats détaillés sous forme de tableau à l'Annexe D.

... /

COMMENTAIRES:

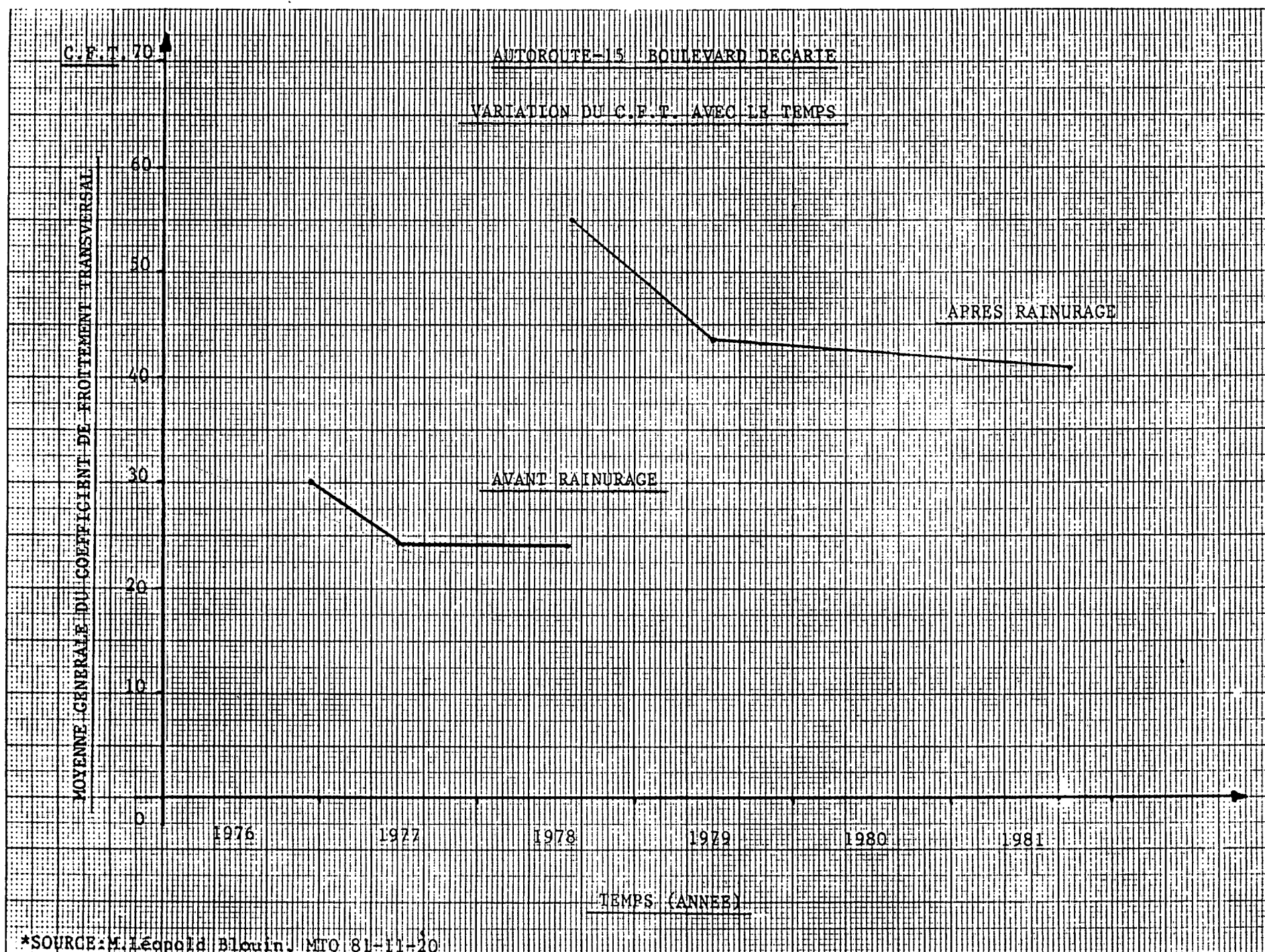
Il ne faudrait pas interpréter ces résultats et appliquer la méthode du rainurage sur toute les autoroutes sans plus de question, car le rainurage peut réduire seulement le nombre d'accidents lorsque le coefficient de friction transversal (C.F.T.) est déficient. Pour avoir une idée de ce que le rainurage peut faire à ce niveau, la Figure 1 ci-contre nous montre les courbes du C.F.T. après et avant le rainurage. Le C.F.T. est en quelque sorte une mesure de la glissance d'un pavage. Plus il est élevé, moins le pavage est glissant.

De plus, un très bon critère dans le choix du lieu d'application de la méthode du rainurage serait de déterminer les points du système routier où le nombre d'accidents sur chaussée mouillée, enneigée et glacée dépasse significativement la moyenne de l'ensemble des autoroutes. Également, les chaussées particulièrement exposées au vent et à la formation de minces couches de glace comme par exemple, les viaducs, les courbes, etc., seraient des endroits propices à l'utilisation du rainurage, en autant qu'une étude locale en prouve la nécessité.

Cependant, le rainurage d'une chaussée peut rendre la conduite d'un véhicule sur celle-ci très inconfortable si on ne prend pas soin d'étudier et de choisir le meilleur patron possible de rainurage. L'espacement des lignes, la profondeur, ainsi que la rectitude de celles-ci jouent un rôle très important au niveau de la conduite confortable d'un véhicule. En plus, un patron de sciage déficient accélérera la détérioration de la chaussée.

Ce sujet est couvert par de nombreuses études tant américaines qu'européennes, qui ont déterminé des patrons de sciage optimums à

FIGURE 1



utiliser dans différentes conditions climatiques et géométriques de chaussée. Notre bibliographie en énumère les principales.

. . . /

4.0 CONCLUSION:

Les résultats de cette étude concordent avec ceux auxquels d'autres études de par le monde ont déjà abouti, à savoir que le rainurage peut effectivement diminuer le nombre d'accidents dans une proportion de 20 à 30%, dépendant du lieu et des circonstances particulières d'application.

Pour illustrer ce que cela représente comme investissement dans le cas de l'autoroute Décarie, considérons une diminution totale de 20% du nombre d'accidents suite au rainurage de la chaussée. Ce 20% de diminution est très conservateur puisque la diminution totale que nous avons enregistrée sur le boulevard Décarie est de 31%.

Les coûts du rainurage du boulevard Décarie se chiffrent à environ huit cents mille dollars (800 000\$) (1978), soit deux dollars (2\$) le mètre carré. Un accident avec blessé(s) ou tué(s) en moyenne au Canada coûte cinq mille six cents dollars (5 600\$) (1978); un accident avec dommages matériels seulement coûte en moyenne quinze cents dollars (1 500\$) (1978). Ces chiffres sont tirés de statistiques canadiennes dont la copie se trouve ci-contre.

. . . /

STATISTIQUES CANADIENNES

.-COÛTS DES ACCIDENTS.-

RAPPORT 1978

°	<u>ACCIDENT MORTEL</u>	=	\$ 180,000	(Moyenne)
	Personne tuée	=	\$ 150,000	(Moyenne)
°	<u>ACCIDENT AVEC BLESSÉ(S)</u>	=	\$ 5,500	(Moyenne)
	Personne blessée	=	\$ 1,800	(Moyenne)
°	<u>ACCIDENT AVEC VICTIME(S)</u>			
	Avec personne tuée ou blessée			
	(Moyenne par victime tout type)	=	\$ 5,600	(Moyenne)
°	<u>ACCIDENT D.M.S.</u>	=	\$ 1,500	(Par accident, moyenne)
°	MOYENNE GÉNÉRALE PAR			
	ACCIDENT TOUT TYPE	=	\$ 4,500	

Maintenant, nous allons déterminer le montant ~~sauf~~ sur l'autoroute Décarie avec une diminution de 20% du nombre d'accidents.

Total des accidents avec dommages matériels seulement avant le rainurage sur l'autoroute Décarie	2 179
--	-------

Total des accidents avec blessés avant le rainurage sur l'autoroute Décarie	120
--	-----

CALCUL:

2 179 Accidents x 20% (réel 30%) de diminu- tion x 1 500\$ par accident	553 700\$
--	-----------

120 accidents x 20% (réel 34%) de diminu- tion x 5 600\$ par accidents	134 400\$
---	-----------

GRAND TOTAL	788 100\$
-----------------------	-----------

Ainsi donc, en ne tenant pas compte ni des accidents mortels, ni des accidents survenus entre 22.00 heures et 6-00 heures, ni du pourcentage réel de diminution qui est de 31%, le Ministère des Transports a récupéré les coûts d'implantation du rainurage en moins de trois ans et surtout a diminué efficacement le nombre d'accidents avec le rainurage du boulevard Décarie.

. . . /

De plus, si on avait choisi de refaire une chaussée conventionnelle pour approximativement le même prix, jamais on aurait récupéré ce coût de construction car le nombre d'accidents avec cette chaussée conventionnelle n'aurait pas diminué autant qu'avec le rainurage.



ANNEXE A

DISCUSSION 1: PÉRIODES DE RÉFÉRENCE

DISCUSSION 2: χ^2 ET LA NOTION
DE DEGRÉ DE LIBERTÉ

DISCUSSION 3: HYPOTHÈSE DE TRAVAIL

DISCUSSION 4: FACTEURS POUVANT INFLUENCER
L'ÉTUDE

ANNEXE A

DISCUSSION 1: PÉRIODES DE RÉFÉRENCE

Dans le choix de nos périodes de référence, nous n'avons pas laissé de périodes d'ajustement à la nouvelle condition de la chaussée pour les usagers, car nous assumons que la majorité de ceux qui empruntent l'autoroute dans une direction le matin, emprunteront l'autoroute dans la direction opposée le soir. Ainsi donc, à la fin des travaux, soit au mois de novembre 1978, la majorité des conducteurs ont eu amplement le temps de se familiariser avec le rainurage de la chaussée.

. . . /

DISCUSSION 2: TEST DU KHI-DEUX (X^2) ET LA NOTION DE DEGRÉ DE LIBERTÉ

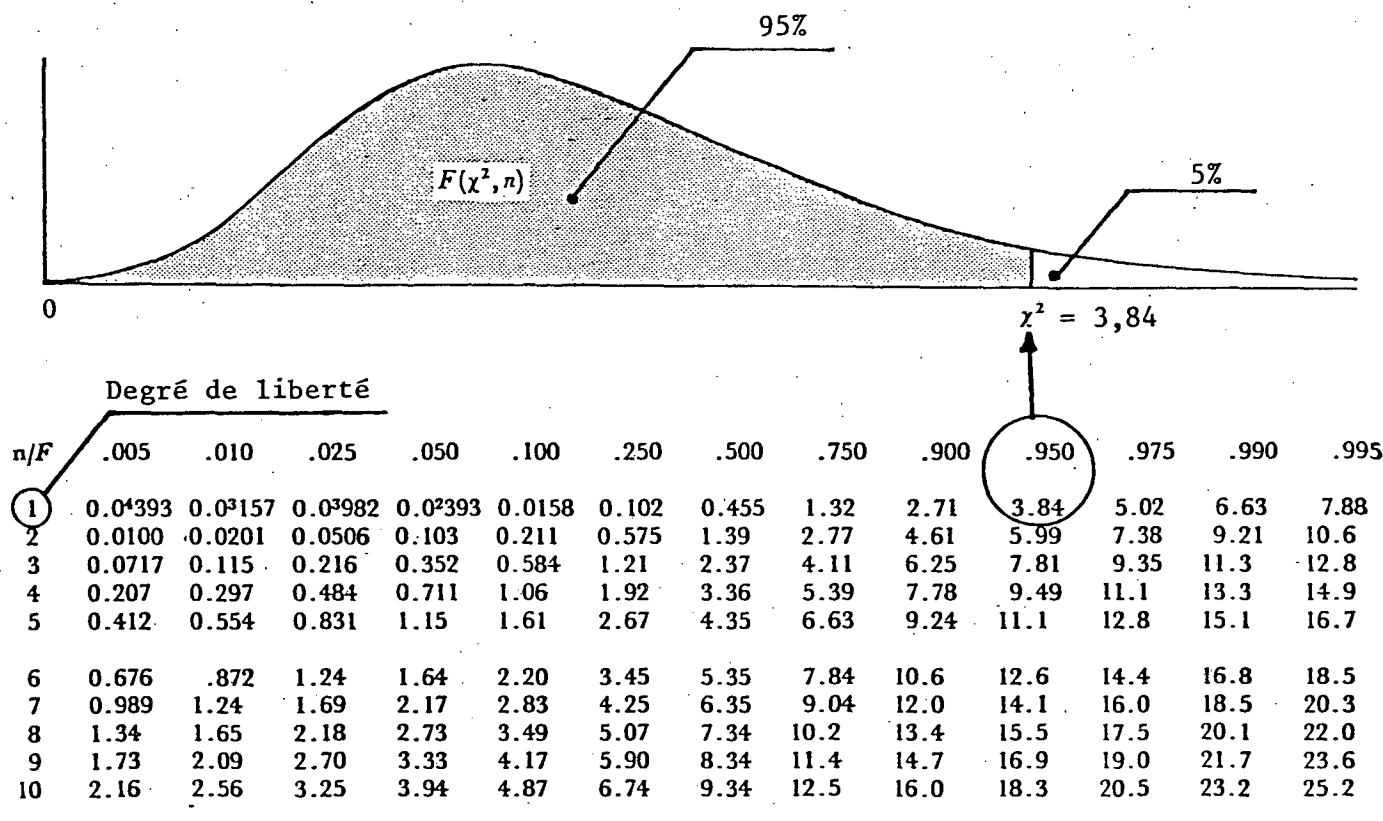
A) TEST DU KHI-DEUX (X^2):

Vous trouverez un exemple d'application du test du KHI-DEUX (X^2) à l'Annexe B. Également, nous citons quelques références utiles sur le sujet dans notre bibliographie.

B) DEGRÉ DE LIBERTÉ

La notion de degré de liberté pour la statistique du test KHI-DEUX (X^2) est très importante. Théoriquement, c'est le nombre d'observations indépendantes (N) d'un échantillon, moins le nombre (K) de paramètres de la population à être estimé à partir des observations de l'échantillon. Plus le nombre de degré de liberté est élevé, plus la distribution statistique du KHI-DEUX est étalée vers l'infini. À titre d'exemple sur la figure 2, si on avait dix (10) degrés de liberté, le point qui représenterait 95% de confiance serait situé à 18,3, ce qui serait beaucoup plus sur la droite de cette figure.

. . . /



EXEMPLE: Une mesure de sécurité a été appliquée à un lieu d'échantillonnage quelconque en 1976; on cherche à savoir si la mesure de sécurité a été effective. Statistiquement, peut-on affirmer avec un niveau de confiance de 95% (5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté, que la mesure a effectivement diminuée le nombre d'accidents au lieu d'échantillonnage?

	LIEU D'ÉCHANTILLONNAGE		UNE PLUS GRANDE POPULATION		C
	1975 (Tb)	1977 (Ta)	1975 (TB)	1977 (TA)	TA/TB (150/200)
# d'accidents	20	10	200	150	0,75
$X^2 = \frac{(Tb-Ta \cdot C)^2}{(Tb+Ta) \cdot C} = \frac{(20-10 \cdot 0,75)^2}{(20+10) \cdot 0,75} = 6,94 > 3,84$					

Donc à la question posée plus haut, on peut affirmer que oui avec 95% de confiance.

*This table is abridged from "Table of Percentage Points of the χ^2 Distribution," *Biometrika*, Vol. 32, Part II (1941), pp. 187-191. It is published here with the kind permission of the author, Catherine M. Thompson, and the editor of *Biometrika*.

* **SOURCE:** The Eno Foundation for Highway Traffic Control, Saugatuck, Connecticut, 1962.

Dans la littérature des études «avant-après» appliquées au transport routier, on considère que le nombre d'accidents de la période «avant» et le nombre d'accidents de la période «après» constituent un ensemble de deux observations indépendantes ou de deux variables où le nombre de paramètres (K) à être estimé est égal à un (1). Ainsi le nombre de degré de liberté sera égal à:

$$v = N - K$$

$$v = 2 - 1 = 1$$

La logique derrière tout ceci est que la partie de l'échantillon que constitue la période «après», c'est-à-dire le nombre d'accidents enregistrés «après» la mise en place de la mesure de sécurité, devient une variable indépendante de l'autre partie de l'échantillon que constitue la période «avant» car les accidents enregistrés «avant» ne sont pas produits dans les mêmes conditions de chaussée que ceux enregistrés «après» le rainurage, d'où la notion de deux variables et de un (1) degré de liberté.

Ici, le terme «échantillon» est employé toujours pour signifier que l'endroit de l'étude est le lieu d'échantillonnage et que ce lieu est un élément de l'ensemble de la population «contrôle» qui est, dans notre cas, le poste 40-170. Ce poste (40-170) représente l'ensemble des autoroutes patrouillées par la Sûreté du Québec dans la région de Montréal et pour lesquelles nous avons tous les rapports d'accidents.

DISCUSSION 3: HYPOTHÈSE DE TRAVAIL

L'hypothèse 3.6.1 suppose que la seule caractéristique qui a pu changer le nombre d'accidents entre les deux périodes est le rainurage. De plus, le pourcentage de changement absolu ($\% \Delta A$), c'est-à-dire sans tenir compte de la correction pour l'évolution du nombre d'accidents ailleurs sur le réseau, suppose que l'on estime seulement le changement dû au rainurage. Ce qui est faux en pratique, car bien d'autres facteurs ont pu influencer ce changement du nombre d'accidents.

C'est pour cela que le pourcentage de changement entre les périodes de références «avant» et «après» doit être exprimé en pourcentage de changement relatif ($\% \Delta r$) pour refléter l'évolution du nombre d'accidents d'une plus large population. Également, si l'on suppose que les facteurs de vitesse, de volume de trafic et de distribution horaire des accidents ont eu une influence semblable sur l'échantillon et sur la population «contrôle»* (poste 40-170), en prenant comme référence le pourcentage de changement relatif ($\% \Delta r$) on élimine du même coup le problème d'identifier l'influence respective de ces facteurs sur les résultats.

* L'hypothèse que ces trois facteurs ont eu une influence semblable sur l'échantillon et sur la population «contrôle» est discutée en détail à la Discussion 4 en Annexe A ci-contre.

DISCUSSION 4: FACTEURS POUVANT INFLUENCER L'ÉTUDE

Au cours d'une étude «avant-après» dont la période de référence s'étend sur plusieurs années, une quantité de facteurs ont pu intervenir sur les résultats de l'étude. Quoique leur influence respective doit être clairement définie, il faut se rappeler que l'on compare toujours les résultats sur un tronçon avec les résultats sur un ensemble de tronçons. Ainsi, les seuls facteurs qui doivent être isolés, sont ceux qui ne se sont pas reproduits ailleurs et qui ont varié significativement au point d'être aussi importants dans leurs effets que la variable que l'on désire isoler pour les fins de l'étude; ex.: Le rainurage.

Cette distinction étant faite, nous avons isolé trois facteurs d'influence susceptibles de jouer un rôle important dans les résultats de l'étude.

- (1) La distribution de vitesse
- (2) L'évolution du volume de circulation
- (3) La distribution horaire des accidents

LA DISTRIBUTION DE VITESSE

Pour considérer l'influence d'un changement de la distribution de vitesse sur les résultats de l'étude comme un facteur significativement important, il faut tout d'abord que celui-ci soit significativement différent d'une année de référence à l'autre et/ou au cours des périodes «avant et après» choisies. Il doit aussi être différent de la grande population «contrôle».

Ce facteur «distribution de vitesse» est associé, dans plusieurs études sur le sujet, à la fréquence relative d'accidents. Ainsi donc, plus on circule vite sur une autoroute, plus on accroît ses chances d'avoir un accident, parce que le temps de réponse du conducteur devient de plus en plus court. Ce facteur «distribution de vitesse» est étroitement relié au volume de circulation, plus il y a de véhicules sur l'autoroute, plus les possibilités de conflits entre les véhicules augmentent importantes pour une même vitesse. Mais d'autre part, plus il y a de véhicules sur l'autoroute moins les écarts de vitesse entre ces véhicules seront grands.

Par contre, la vitesse moyenne de l'ensemble des véhicules peut augmenter ou diminuer mais, à la limite, si le nombre de véhicules atteint le niveau de saturation de l'autoroute, alors nous aurons un état de congestion totale.

À ce moment, la circulation sur cette section d'autoroute se comportera comme un troupeau de véhicules ayant une vitesse moyenne probablement inférieure à la vitesse permise et dont l'écart type sera très faible.

Donc, ce qui nous intéressera plus particulièrement sera de voir si la moyenne de cette distribution de vitesse a changé significativement: premièrement au cours des périodes «avant et après» et deuxièmement entre la population «contrôle» et l'échantillon et ce de manière à influencer significativement le nombre total d'accidents et surtout le nombre d'accidents sur chaussée mouillée.

Pour l'autoroute 15 (boulevard Décarie), la vitesse permise est de 70 KMH ou 45 MH. Les deux études de vitesse (A et B) présentées ci-contre à titre d'exemples, ont été effectuées en 1975 et 1978. Quoique ces études

ÉTUDE A

ÉTUDE DE VITESSE

26

DATE: 14 Janvier 1975 AUT 15 Bld Décarie VOIE: du Centre Chaussée Est Direction Nord

OUR: Mardi LOCALISATION: A la hauteur de la rue Edouard-Montpetit (Maplewood)

HEURE: 11.05 à 11.40

EMPS: Beau MUNICIPALITÉ: MONTREAL

$\bar{X} = \frac{\sum FX}{N}$ = Moyenne arithmétique des vitesses: =

A 56.3

85% Percentile: Vitesse au dessous de laquelle 85% des voyages se font:

B 60.6

Vitesse Médiane (50% Percentile) de l'échantillonnage:

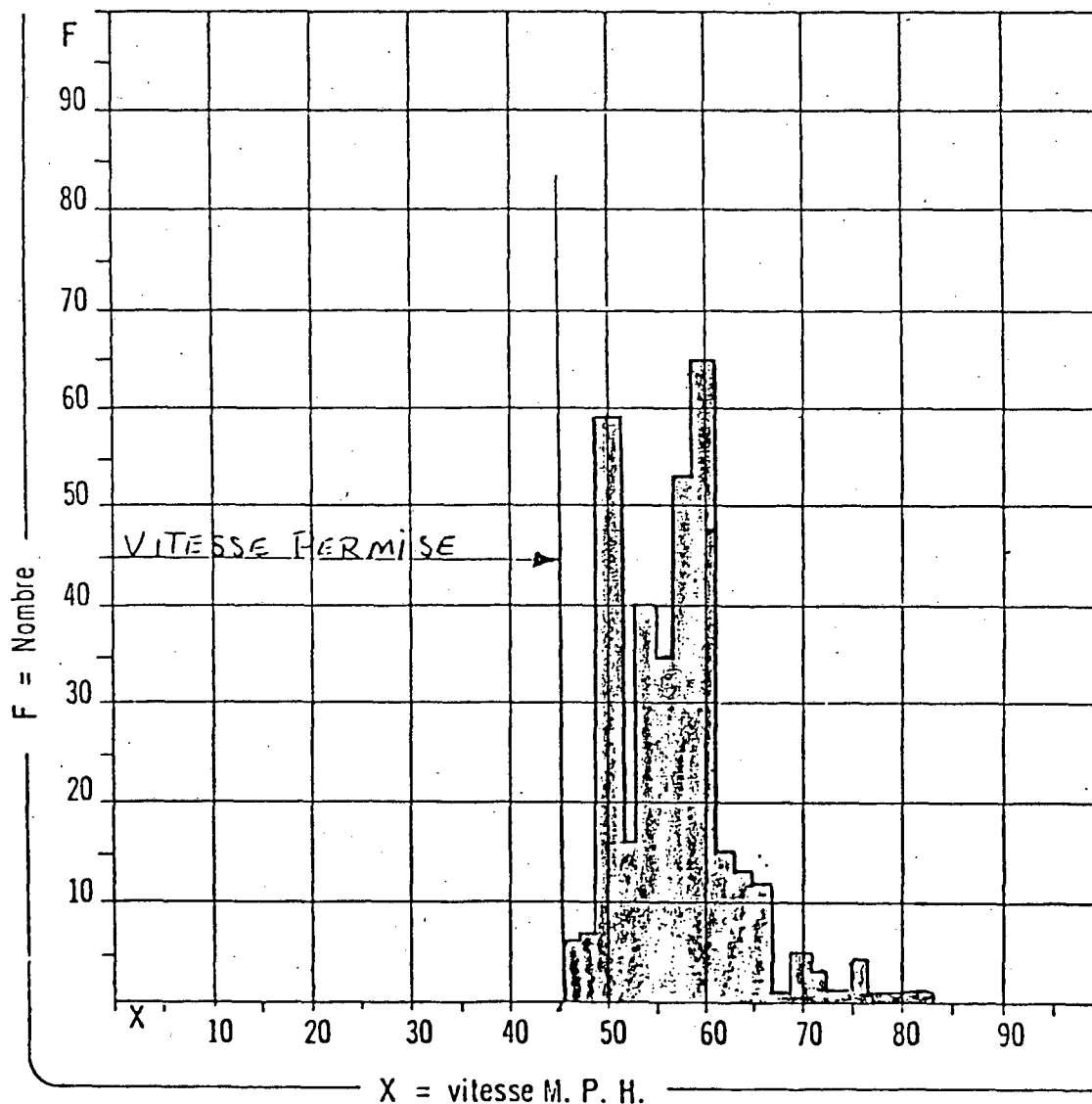
C 56.1

Mode: Vitesse la plus fréquente:

D 60.0

$S = \sqrt{\frac{\sum FX^2}{N} - (\bar{X})^2}$ = déviation standard: mesure de dispersion des vitesses autour de la moyenne arithmétique

E 10.5



DATE: 78-10-24
 ROUTE: Chem 15 - VOIE: Centre - DIRECTION: Nord
 JOUR: Mardi
 LOCALISATION: Hauterive du bœuf Edouard
 HEURE: 11h00 à 12h35
 Montpetit et Decane
 TEMPS: très beau
 MUNICIPALITÉ: Montreal

$\bar{X} = \frac{\sum FX}{N}$ = Moyenne arithmétique des vitesses: =

A 91

85% Percentile: Vitesse au dessous de laquelle 85% des voyages se font:

B 99.8

Vitesse Médiane (50% Percentile) de l'échantillonnage:

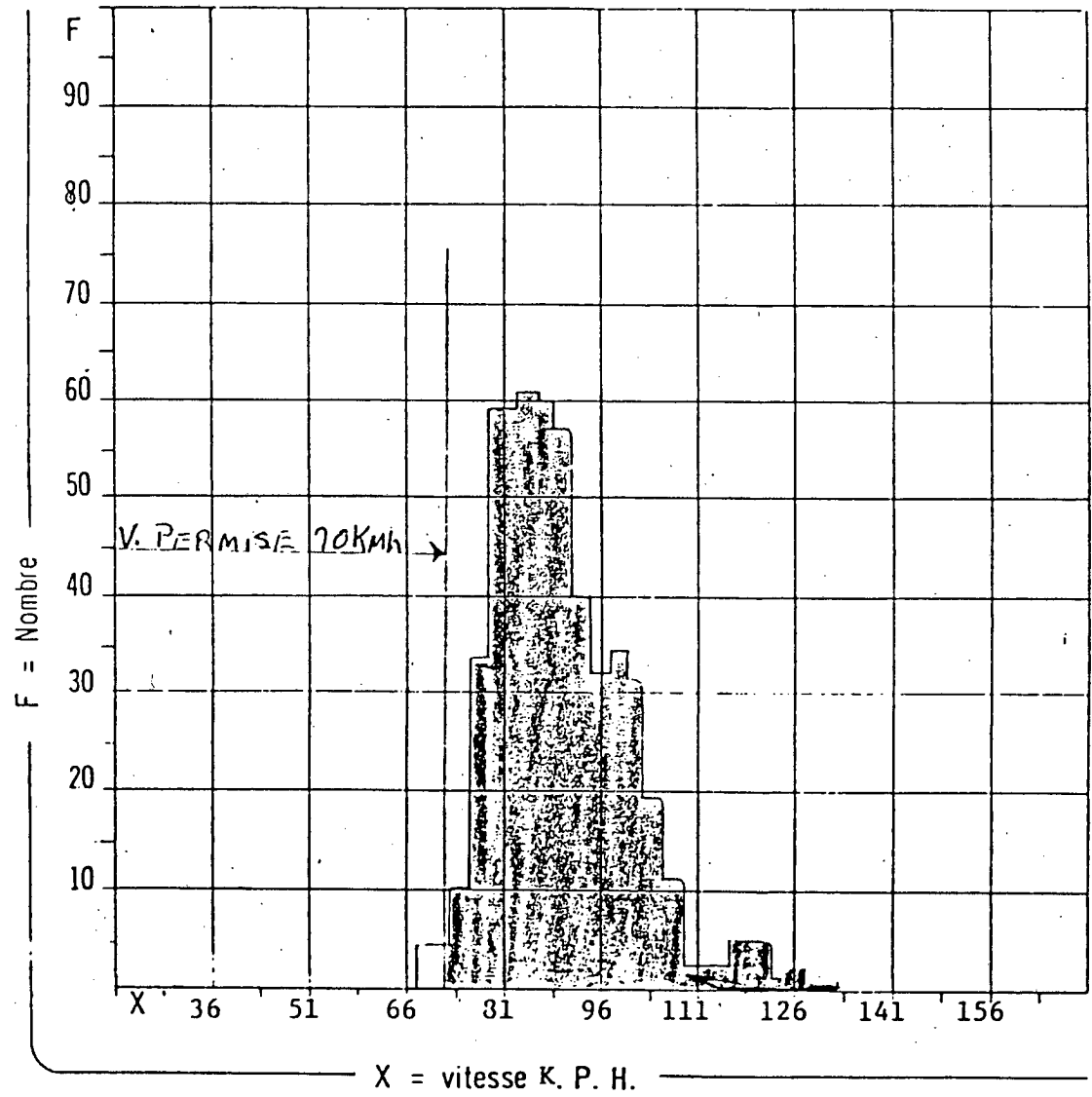
C 87.2

Mode: Vitesse la plus fréquente:

D 84

$\sqrt{\frac{\sum FX^2}{N} - (\bar{X})^2}$ = déviation standard: mesure de dispersion des vitesses
 autour de la moyenne arithmétique

E 7.9



aient été réalisées à un moment bien déterminé dans le temps, elles indiquent que la grande majorité des conducteurs circulent à une vitesse supérieure à celle permise. D'autres études de vitesse effectuées ailleurs dans le temps et l'espace, nous confirment cette tendance. Nous croyons que ces études reflètent la situation en général sur les autoroutes de la région métropolitaine (voir Tableau synoptique ci-contre) et que cette situation n'a pas changé significativement au cours des périodes de référence.

Dès lors, l'influence du facteur «distribution de vitesse», quoique non négligeable, ne constitue pas un facteur affectant significativement les résultats de l'étude, dans le sens que la distribution de vitesse est comparable d'année en année et généralement d'autoroute en autoroute.

. . . /

TABLEAU SYNOPTIQUE

1975

Endroit	Vitesse permise (m.p.h.)	Vitesse moyenne (m.p.h.)	85 percentile (m . p . h .)	% des véhicules au-dessus de la vitesse permise (% infractions)	Zonage de vitesse théorique suggéré (m.p.h.)	Remarques
✓ 1) Autoroute 15 (3)	45	52.4	57.2	84.9		
✓ 2) Autoroute 20 Baie D'Urfée (7)	60	57.2	65.8	68.3		
3) Autoroute 20 St-Eugène (5)	70	71.28	78.2	60.6		
4) Autoroute 20 St- Hyacinthe (6)	70	67.2	75.4	76.6		
✓ 5) Autoroute 25 Ville D'Anjou (9)	45	56.2	61.2	93.59		29

Endroit	Vitesse permise (m.p.h.)	Vitesse moyenne (m.p.h.)	85 percentile (m.p.h.)	% des véhicules au-dessus de la vitesse permise (% infractions)	Zonage de vitesse théorique suggéré (m.p.h.)	Remarques
6) Autoroute 25 St-François de Sales. 12	60	66.3	75.0	63.0		
7) Autoroute 25 Ville D'Anjou	45	56.2	61.2	93.59		
8) Autoroute 25 Au nord du Boul. Lévesque et Con- corde.	45	52.6	60.6	78.59		
9) Autoroute 35 St-Jean	60	63.6	72.01	53.7		
10) Autoroute 40 A la hauteur du Boul. Lacordaire	45	55.1	61.0	93.2		

Endroit	Vitesse permise (m.p.h.)	Vitesse moyenne (m.p.h.)	85 percentile (m.p.h.)	% des véhicules au-dessus de la vitesse permise (% infractions)	Zonage de vitesse théorique suggéré (m.p.h.)	Remarques
✓ 11) Autoroute 40 Pointe- Claire 15	60	62.4	67.6	55.1		
12) Route 104 La Prairie	45	51.1	58.1	76.5		
13) Route 104 St- Luc	50	39.42	46.28	1.8		
14) Route 112 St- Hubert En face de la Polyvalente	45	46.9	54.3	65.6		
15) Route 112 St- Hubert Rue Coderre	45	43.3	49.2	32.4		

Endroit	Vitesse permise (m.p.h.)	Vitesse moyenne (m.p.h.)	85 percentile (m.p.h.)	% des véhicules au-dessus de la vitesse permise (% infractions)	Zonage de vitesse théorique suggéré (m.p.h.)	Remarques
16) Route 116 St- Basile 1 M. Ouest des Feux Lumineux (20)	60	57.77	66.2	28.3		
17) Route 117 St- Janvier (21)	45	48.2	54.5	67.0		
18) Route 132 Contrecoeur Courbe de Radio- Canada	60	47.64	58.69	11.04		
19) Autoroute 520 ✓ Montréal Cote de Liesse Rue Hickmore (18)	45	54.7	61.2	90.38		
20) Autoroute 640 St- Louis de Terrebonne	60	61.2	72.1	56.1		

Endroit	Vitesse permise (m.p.h.)	Vitesse moyenne (m.p.h.)	85 percentile (m.p.h.)	% des véhicules au-dessus de la vitesse permise (% infractions)	Zonage de vitesse théorique suggéré (m.p.h.)	Remarques
21) Autoroute 640 St- Eustache (19)	60	60.2	67.5	35.9		

L'ÉVOLUTION DU VOLUME DE CIRCULATION

Le Tableau 3 ci-contre représente les «JMA», soit le jour moyen annuel de circulation en nombre de véhicules, pour tout le poste 40-170 pour les années 1976 et 1979. On ne constate pas de différence majeure de JMA entre ces deux années de référence, ni dans l'échantillon ni dans la population «contrôle». Cependant, la notion de JMA doit être interprétée avec beaucoup de précaution car elle représente une moyenne annuelle. Ainsi le volume de saturation de chaque autoroute du poste 170, c'est-à-dire, la capacité maximum d'absorber des véhicules d'une autoroute n'est pas égale au JMA, mais serait plutôt supérieure à celui-ci. Donc, si une autoroute enregistre un JMA très près de son volume de saturation, par exemple 90%, l'incidence du nombre d'accidents sera potentiellement plus grande dû à un taux de conflits supérieur à une autre autoroute dont le JMA représente 10% de son volume de saturation.

AUTOROUTE	SECTION	1 9 7 6			1 9 7 9			NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE PAR 1,6 MILLIONS DE VÉHICULES KM		
		JMA	DIST. (KM)		JMA	DIST. (KM)		SECTION	1976	1979
10	*	*			*			*	*	*
15	A vers B	73 697	x	12,1	76 270	x	12,1	ABA	*	*
	B vers A	68 178	x	---	71 495	x	---			
	ABA									
	C vers D	128 157	x	4,5	113 250	x	4,5	CDC (Décarie)	$\frac{7,21}{3,51} \% \Delta = -39\%$	$\frac{4,33}{2,13} = -40\%$
	D vers C	121 667	x	4,5	110 080	x	4,5			
	CDC									
20	E vers F	57 940¹	x	12,9	55 430¹	x	12,9	EFE	*	*
	F vers E	50 566¹	x	12,9	50 670¹	x	12,9			
	EFE									
	F vers G	*	x	5,6	73 685¹	x	5,6	*	*	*
	G vers F	*	x	5,6	65 430¹	x	5,6			
	FGF									
25	H vers I	79 368	x	5,1	93 710	x	5,1	HIH	*	*
	I vers H	70 488	x	5,1	83 210	x	5,1			
	HIH									
	J vers K	72 449	x	3,2	77 700	x	3,2	JKJ	$\frac{6,32}{3,03} \% \Delta = -41\%$	$\frac{3,74}{1,79} = -41\%$
	K vers J	66 773	x	3,2	71 485	x	3,2			
	JKJ									
	K vers L	23 925	x	8,0	28 775	x	8,0	KLK	*	*
	L vers K	29 420	x	8,0	33 790	x	8,0			
	KLK									

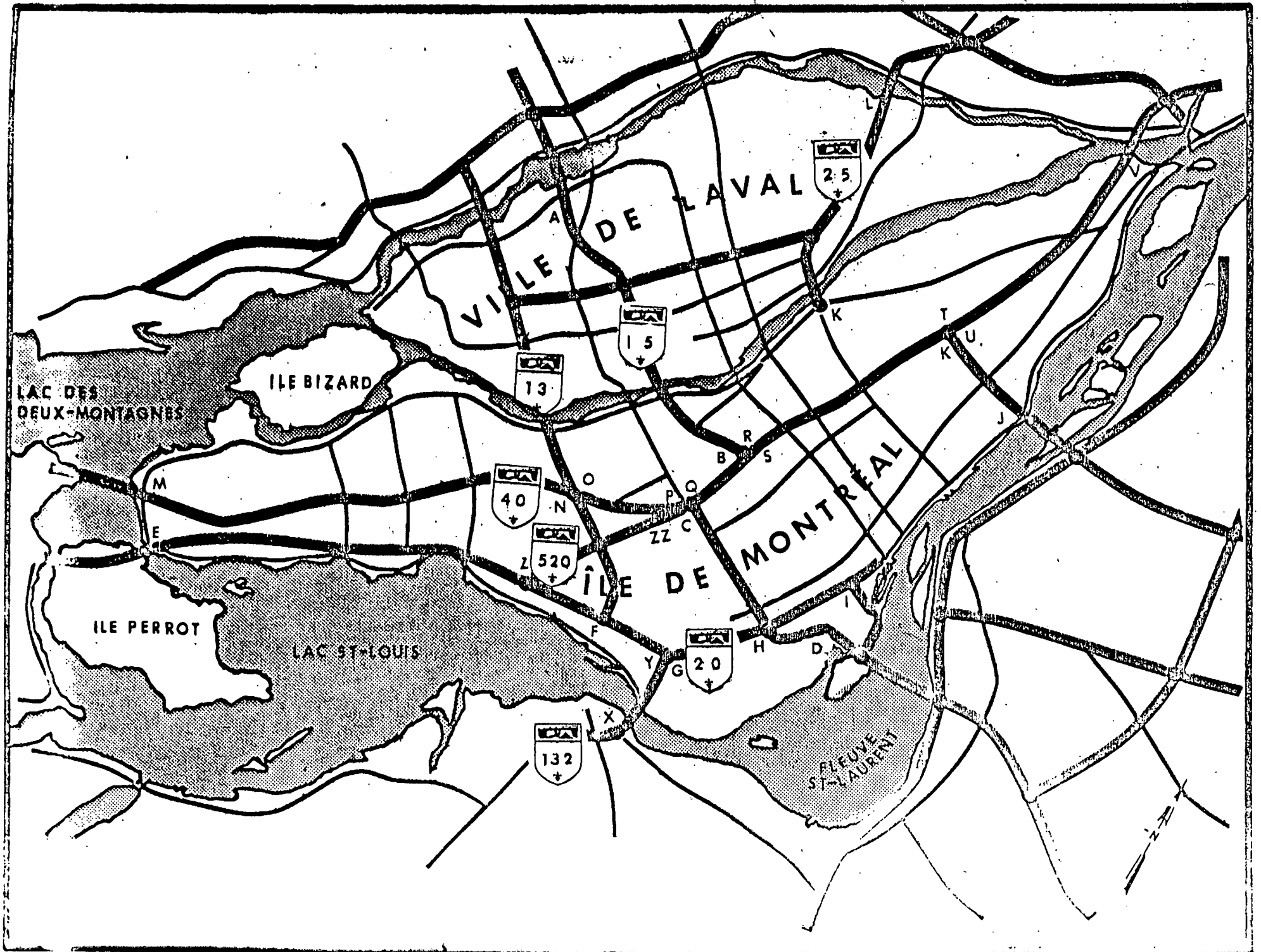
¹ = JMA ESTIMÉ

* = DONNÉES NON DISPONIBLES

TABLEAU 3 (SUITE)

PCSTE 40-170

AUTOROUTE	SECTION	1 9 7 6			1 9 7 9			NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE PAR 1,6 MILLIONS DE VÉHICULES · KM		
		JMA		DIST. (KM)	JMA		DIST. (KM)	SECTION	1976	1979
40	M vers N	54 011	x	14,8	36 150	x	14,8	MNM	*	*
	N vers M	48 021	x	14,8	33 725	x	14,8			
	MNM									
	O vers P	70 200	x	4,0	*	x	4,0	*	*	*
	P vers O	65 100	x	4,0	*	x	4,0			
	OPO									
	Q vers R	117 955	x	1,6	113 250	x	1,6	QRQ	8,59 4,14	6,63 3,29
	R vers Q	109 661	x	1,6	111 480	x	1,6			
	QRQ								% ΔA =	21% - 23%
	S vers T	77 116	x	8,0	*	x	8,0	*		
	T vers S	71 056	x	8,0	*	x	8,0			
	STS									
	U vers V	50 590	x	8,4	57 000	x	8,4	UVU	*	*
	V vers U	46 035	x	8,4	52 440	x	8,4			
	UVU									
138	X vers Y	52 563	x	2,4	56 700	x	2,4	XYX	*	*
	Y vers X	47 449	x	2,4	52 110	x	2,4			
	XYX									
520	Z vers ZZ	38 330	x	8,9	34 670	x	8,9	Z-ZZ-Z	*	*
	ZZ vers Z	34 085	x	8,9	31 895	x	8,9			
TOTAL POSTE 40-170	TOTAL	5 308 263,6 9 447 590,4	VEHICULES- JOUR-KM		4 790 747 9 208 722	VEHICULES- JOUR-KM		TOTAL	7,37 2,25	4,63 1,91
									% ΔA =	17% - 36%



Si l'on compare la distribution de vitesse de l'autoroute 15 (boulevard Décarie) avec les autres distributions de vitesse du poste 40-170, la moyenne de vitesse supérieure à la vitesse permise est comparable, ce qui peut se traduire par un pourcentage de saturation semblable. Si non, cette moyenne de vitesse serait inférieure à la vitesse permise due à la congestion presque permanente. Il y a bien des temps de congestion sur l'autoroute 15, mais la situation n'est pas différente d'ailleurs. Dès lors, le facteur «volume de circulation» sera compensé par l'ajustement fait pour comparer le poste 40-170 avec le boulevard Décarie.

DISTRIBUTION HORAIRE DES ACCIDENTS

La majorité des accidents sur le boulevard Décarie et pour l'ensemble du poste 40-170, surviennent en fin d'après-midi et ce invariablement au cours des années de référence de l'étude.

ESTIMATION GLOBALE DE L'INFLUENCE DE CES FACTEURS

Pour résumer l'influence des trois facteurs précédents, rien ne suggère qu'ils ont eu une influence significative sur les résultats de l'étude. Donc il est très raisonnable d'affirmer que ces trois facteurs ont eu une influence semblable sur l'échantillon (l'autoroute Décarie) et sur la population «contrôle» (le poste 40-170).

. . . /



ANNEXE B

EXEMPLE D'APPLICATION DU TEST χ^2

IDENTIFICATION

DANGEROUS

CLASSIFICATION

CONTRE-MESURES

Conception des routes

Revêtements

Marquage et balisage

Panneaux de signalisation
et équipement routierRéglementation
de la circulation

points dangereux: identification et élimination



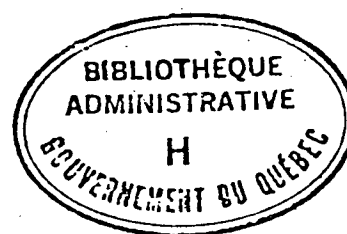
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES
PARIS 1976

RECHERCHE ROUTIÈRE

points dangereux : identification et élimination

RAPPORT PRÉPARÉ
PAR UN GROUPE DE RECHERCHE ROUTIÈRE
DE L'OCDE

SEPTEMBRE 1976



ANNEXE G

INTERPRETATION STATISTIQUE ET EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CONTRE-MESURESG.1. Introduction

Chaque étape de l'étude des accidents (diagnostic et évaluation de l'effet du traitement) comporte un certain effort d'interprétation statistique simple des données. Au cours de la phase du diagnostic, le travail consiste à examiner tous les types d'accidents et, au moment de l'évaluation à comparer les différentes sortes d'accidents avant et après le traitement. L'approche statistique de tous ces problèmes est à peu près la même.

G.2. Analyse statistique de chaque type d'accident

Le chercheur qui étudie les accidents s'intéresse aux totaux annuels de tous les types d'accidents (qui forment un tout) ; c'est sur la base de cette analyse détaillée que l'on pourra formuler des contre-mesures vraiment adaptées. Mais, d'un autre côté, lorsque l'on a réparti les totaux selon les différentes manoeuvres et les types de collision, on s'aperçoit généralement que les valeurs sont devenues trop faibles pour se prêter à une étude statistique. Il faudra dès lors classifier les accidents appartenant à un groupe donné, de manière à mettre en évidence un ou deux types réellement dominants, relevables d'une interprétation statistique.

Lorsque l'on analyse les divers types d'accidents d'un groupe, on s'aperçoit que les données sont souvent présentées en fonction de plusieurs variables. Par exemple, le taux des accidents de nuit par rapport aux accidents diurnes, implique deux facteurs aléatoires, car les deux totaux annuels (les accidents de nuit et de jour) peuvent varier au hasard autour de leurs moyennes respectives à long terme.

~~Si l'on a l'impression que certains facteurs adverse de l'environnement jouent un rôle pendant la nuit et pas du tout durant la journée~~, on compare habituellement le quotient des accidents de nuit par rapport aux accidents diurnes sur le site étudié et le même taux calculé sur une zone de contrôle beaucoup plus étendue ; il peut s'agir de l'ensemble de la route où se trouve le site étudié, ou de la ville, ou de la région, ou du pays. ~~Plus le total annuel de la zone de contrôle est élevé, moins on a de chances qu'il soit sujet à des fluctuations aléatoires de tous les facteurs susceptibles de jouer un rôle sur de y ou les sites étudiés~~ tendent à s'annuler mutuellement lorsque le total annuel des accidents est important et leur somme finale dépend alors assez peu de ces fluctuations aléatoires. Toutefois, en ce qui concerne la zone de contrôle, il faudra trouver un bon compromis entre cette exigence d'un total annuel élevé et la nécessité que son environnement soit comparable à celui du site considéré.

Le problème consiste alors à comparer le quotient des accidents de nuit et des accidents de jour sur le site étudié et celui qui a été calculé sur la zone de contrôle choisie et à déterminer la probabilité que la différence observée entre ces deux taux soit due simplement au hasard, et non à une évaluation réelle du risque. Un exemple servira à illustrer le test du χ^2 , que l'on utilise à cet effet :

Au cours d'une certaine période de 3 ans, on a relevé 25 accidents de nuit et 50 accidents de jour sur un tronçon de route donné de 2 miles. Par ailleurs, sur une section de 200 yards de cette route, il s'est produit 6 accidents de nuit et 3 accidents de jour.

Dans ce cas précis, la zone de contrôle sera le tronçon de 2 miles, moins la section de 200 yards, car la circulation et les conditions atmosphériques y sont les mêmes, ainsi que l'aménagement, par hypothèse. Les données expérimentales seront rangées comme dans le Tableau G1 où l'on désignera les colonnes par des numéros et les cases par des lettres, pour une meilleure compréhension*.

Tableau G1

NOMBRES TOTAUX D'ACCIDENTS OBSERVES (O)

	(1) Echantillon étudié	(2) Zone de contrôle	(3) Totaux
Accidents de nuit	(a) 6	(c) 19	(e) 25
Accidents de jour	(b) 3	(d) 47	(f) 50
TOTAUX	(g) 9	(h) 66	(N) 75

Au cours de l'approche classique, on suppose dans un premier temps que les différences observées entre les risques (taux) sur le site étudié et dans la zone de contrôle, ne sont pas dues à autre chose qu'au hasard. Dans un deuxième temps, on détermine la probabilité que les écarts entre les taux sont vraiment le fait du hasard. On doit estimer tout d'abord le quotient réel des accidents de nuit par rapport aux accidents de jour. On utilise à cet effet les totaux combinés de la colonne (3) du Tableau G1 : ~~ce qui fait que le ratio est de 25/50, soit 1/2 du grand total.~~

Si le risque était le même pendant le jour et durant la nuit, sur le site étudié et dans la zone de contrôle, on pourrait penser qu'un tiers du total des accidents survenus sur le site auraient lieu pendant la nuit et 2/3 durant la journée, ce qui donnerait, respectivement, 3 accidents et 6 accidents. De la même manière, on aurait pu s'attendre à trouver dans la zone de contrôle, 22 accidents de nuit et 44 accidents de jour. On trouvera ces valeurs "attendues" au Tableau G2.

Tableau G2

NOMBRES TOTAUX D'ACCIDENTS ATTENDUS (E)

	(1) Echantillon étudié	(2) Zone de contrôle	(3) Totaux
Accidents de nuit	(a) 3	(c) 22	(e) 25
Accidents de jour	(b) 6	(d) 44	(f) 50
TOTAUX	(g) 9	(h) 66	(N) 75

~~Il est à noter que lorsque le total des accidents dans l'échantillon étudié et dans la zone de contrôle pris dans leur ensemble est égal ou inférieur à 4 et que de plus une case au moins a une valeur inférieure à 5, le test exact de Fisher devrait être utilisé plutôt que le test du χ^2 .~~

Lorsque l'on compare les tableaux G1 et G2, on s'aperçoit que le taux observé sur le site est différent du taux "attendu" correspondant. Mais étant donné que l'on se trouve ici en présence de deux variables, on ne peut pas obtenir la probabilité que cette différence provienne uniquement des fluctuations aléatoires, en se référant directement aux tables de probabilité. On doit commencer par calculer ce qu'on nomme la statistique du χ^2 et on cherchera ensuite dans les tables du χ^2 quelle est la probabilité que cette valeur de la statistique soit due à des fluctuations aléatoires.

On utilise la formule ci-après pour calculer la statistique du χ^2 , à l'aide des valeurs observées "O" (Tableau G1) et "attendues" "E" (Tableau G2) :

$$\chi^2 = \sum (O - E)^2 / E$$

où le signe Σ indique une "somme".

En langage ordinaire, cela veut dire : considérons séparément chaque case a, b, c, d, des tableaux G1 et G2 ; déterminons la différence entre les valeurs observées "O" et "attendues" "E" ; élevons au carré ; divisons le résultat par "E", la valeur attendue. Pour finir, faisons la somme des quantités ainsi obtenues pour les quatre cases a, b, c, d.

Prenons la case a, par exemple :

Nombre d'accidents observé = "O" = 6

Nombre d'accidents attendu = "E" = 3

Différence = 3

Différence élevée au carré = 3×3 = 9

Différence au carré divisée par "E" = $9/3$ = 3

On obtient de la même manière dans les quatre cas :

(a) Accidents de nuit sur le site expérimental = $(6 - 3)^2/3$ = 3,00

(b) Accidents de jour sur le site expérimental = $(3 - 6)^2/6$ = 1,50

(c) Accidents de nuit dans la zone de contrôle = $(19 - 22)^2/22$ = 0,41

(d) Accidents de jour dans la zone de contrôle = $(47 - 44)^2/44$ = 0,20

Somme des 4 cases = χ^2 = 5,11

La probabilité que cette valeur de 5,11 (ou plus) du χ^2 soit due uniquement à des fluctuations aléatoires des données peut être relevée directement dans une table des valeurs du χ^2 (tableau G3). La plus proche valeur inférieure à 5,11 donnée par le tableau est 5,02, qui correspond à une probabilité de 0,025 ou 2,5 %. Cela veut dire que ces données sont significatives au niveau de confiance de 2,5 % et que le chercheur peut être assuré à $100 - 2,5 = 97,5\%$ que le taux des accidents de nuit par rapport aux accidents de jour, tel qu'il a été calculé sur le site étudié est dû uniquement au hasard, mais qu'il reflète une différence bien réelle entre les risques.

On admet traditionnellement qu'un niveau de confiance de 5 % est acceptable pour les tests de ce genre ; comme par ailleurs la valeur obtenue ici est encore plus favorable (2,5 %), il serait prudent de lancer de nouvelles études pour tenter de découvrir des preuves que l'une des caractéristiques de l'environnement joue un rôle nuisible, ce qui peut et doit être corrigé.

A chaque fois que le test utilise deux variables (4 cases), on dit que la statistique du χ^2 a un degré de liberté. Cela veut dire que si l'on donne un certain nombre total d'accidents basé sur deux valeurs, une seule d'entre elles peut varier librement, car si l'une est fixée, l'autre le sera également. Par exemple, si l'on relève 9 accidents sur un site, le nombre des accidents de nuit pourra prendre n'importe quelle valeur entre 0 et 9 ; mais une fois que l'on aura "fixé" le nombre des accidents de nuit, la

fréquence des accidents de jour ne pourra plus varier "librement". On peut constater de manière intuitive que le nombre de degrés de liberté est toujours inférieur d'une unité au nombre de variables. Le tableau G3 donne les valeurs du χ^2 à 1 degré de liberté.

Tableau G3
PROBABILITES DU χ^2
(à un degré de liberté)

Valeur du χ^2	Probabilité de dépassement	Niveau de confiance
1,32	0,250	25 %
2,71	0,100	10 %
3,84	0,050	5 %
5,02	0,025	2,5 %
6,63	0,010	1 %
7,88	0,005	0,5 %

On a suivi jusqu'ici un processus assez long pour calculer le χ^2 , afin de bien illustrer la méthode utilisée. En pratique, on écrit plutôt :

$$\chi^2 = (bc - ad) N / e f g h = (19.3 - 6.47)^2 . 75 / 25.50.9.66 = 5,11$$

Quelles que soient les approximations utilisées pour le calcul des probabilités, lorsque l'on se trouve en présence de deux projets et que l'on ne peut en entreprendre qu'un seul, il faudra choisir celui des deux dont les chances d'erreur sont les plus faibles, toutes choses égales par ailleurs (rentabilité et facilité d'application).

G.3. Evaluation de l'efficacité des contre-mesures

Lorsque l'on évalue l'effet d'un traitement sur un site d'accident, on utilise de nouveau deux variables, à savoir le nombre d'accidents enregistrés avant la mesure et la fréquence des accidents survenus après celle-ci. Il se pose également un problème complémentaire dans le cas où certaines caractéristiques de l'environnement ont pu être modifiées d'une période à l'autre. Par exemple, les conditions atmosphériques peuvent avoir changé entre temps, ou le débit de la circulation, ou l'intensité de la répression, ou la réglementation nationale. Les nombres des accidents relevés devront dès lors être corrigés pour tenir compte de ces évolutions ; on obtient ce résultat en multipliant les fréquences observées par un facteur correctif ou par un taux de contrôle calculé à l'aide des fréquences des accidents survenus dans une zone de contrôle donnée, avant et après la mesure. On pourra utiliser le test du χ^2 sur les valeurs ainsi corrigées.

Il faut néanmoins prendre un certain nombre de précautions, lors du choix des périodes "avant" et "après" :

- (1) Les périodes "avant" et "après" devront être absolument identiques, dans le cas du site étudié et dans celui de la zone de contrôle.
- (2) Il n'est pas nécessaire qu'elles correspondent exactement à des années civiles, mais si l'on veut éviter d'introduire des variations saisonnières, il vaut mieux que ces périodes comprennent des séries de 12 mois, une ou plusieurs fois.
- (3) La période au cours de laquelle a eu lieu la mesure devra être omise des périodes "avant" et "après", dans le cas du site étudié et dans celui de la zone de contrôle.

- (4) Si l'on ne connaît pas avec précision les dates du début et de la fin de la mesure, ou s'il est impossible d'obtenir les données relatives à la zone de contrôle pour les mois que l'on désire, il faudra omettre l'ensemble des 12 mois où la mesure a été mise en place.
- (5) Pour obtenir de bonnes estimations du risque théorique au cours des périodes "avant" et "après", on admet traditionnellement que chacune de ces périodes devra comprendre au moins 3 fois 12 mois. Il pourra arriver parfois (très rarement) que l'on soit obligé de se contenter d'une période légèrement plus courte, comme par exemple 2 fois 12 mois ; mais il faudra tout tenter pour éviter cette éventualité.

Si l'on tient compte des restrictions ci-dessus, le processus devient assez simple dans le cas où le niveau du risque est resté assez stable au cours de la période "avant". Mais il se produit effectivement quelques complications lorsque le nombre des accidents augmente brusquement à la fin de la période "avant" et il faudra dès lors considérer le problème différemment.

L'exemple ci-dessous pourra illustrer le cas où la mesure survient à la suite d'une période "avant" de 3 ans, au cours de laquelle le niveau du risque est demeuré assez constant. Le tableau G4 contient les données correspondantes :

Tableau G4
NOMBRE D'ACCIDENTS ENREGISTRES

Nombre d'accidents	Période "avant" 3 x 12 mois			Période "après" 3 x 12 mois		
	6	4	5	2	1	2
	Total 15			Total 5		

Le premier travail consiste à déterminer le taux de contrôle "C" qui permettra de corriger les données contenues dans le tableau G4, pour tenir compte de l'évolution éventuelle de certaines caractéristiques de l'environnement, d'une période à l'autre. Admettons que l'on ait pu choisir une zone de contrôle acceptable, où l'on a déploré 200 accidents au cours de la période "avant" et 220 pendant la période "après". On trouvera au tableau G5 une représentation schématique des données relatives au site étudié et à la zone de contrôle.

Tableau G5
DONNEES RECUEILLIES

Accidents "avant" Accidents "après" TOTAL	Site étudié	Zone de contrôle
	b = 15 a = 5	B = 200 (1) A = 220 (1,1)
	n = 20	N = 420 (2,1)

Les nombres d'accidents de la zone de contrôle sont suffisamment grands pour que l'on soit en droit d'estimer qu'ils ne contiennent pas de fluctuations aléatoires ou toute autre cause d'erreur ; on pourra dès lors les utiliser pour calculer le taux de contrôle permettant de corriger le nombre d'accidents survenus dans le site, afin de tenir compte des modifications éventuelles de l'environnement, autres que les conséquences directes de la mesure appliquée. Le taux de contrôle est :

$$C = A/B = 220/200 = 1,1$$

Si l'on admet que le niveau du risque sur le site étudié n'a pas varié à la suite de la mise en oeuvre de la mesure, on peut penser que les 20 accidents que l'on y a déploré au cours des 6 ans qui nous intéressent auraient été répartis entre les périodes "avant" et "après", à raison de 1,1 contre 1, soit :

$$\frac{1}{2,1} \times 20 = 9,52$$

accidents attendus au cours de la période "avant", et

$$\frac{1,1}{2,1} \times 20 = 10,48$$

accidents attendus au cours de la période "après".

Si l'on utilise ces valeurs ajustées pour représenter les fréquences d'accidents sur le site étudié au cours des périodes "avant" et "après", on calculera le χ^2 à l'aide de la méthode développée ci-dessus. C'est à dire que l'on déterminera la différence entre les nombres d'accidents observés et attendus dans les deux cases, on élèvera au carré, on divisera par la valeur attendue et on fera la somme. La formule ci-dessous est toute-fois plus simple :

$$\chi^2 = (a - bC)^2 / nC$$

ce qui donne :

$$(5 - 15 \cdot 1,1)^2 / 20 \cdot 1,1 = 132,25 / 22 = 6,01$$

Etant donné qu'elle utilise deux variables, cette statistique du χ^2 a également 1 degré de liberté ; en se référant au tableau G3, on voit que 5,02 est la plus proche valeur inférieure à 6,01 ; la probabilité d'atteindre une valeur de 5,02 ou plus, vaut 0,025. On peut donc conclure que le niveau de risque a effectivement changé sur le site étudié et que cette évolution est significative au seuil de 2,5 %.



ANNEXE C

- A. TABLEAU DES RÉSULTATS POUR
LES MOTOCYCLETTES.

- B. TABLEAUX DES RÉSULTATS POUR
L'AUTOROUTE DÉCARIE.

TABLEAU 4

AUTOROUTE 15

MOTOCYCLETTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% 1 d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	3	2	0	5	RAINURAGE	1	1	0	2	7	-43%	N.S.*
AVEC BLESSÉS	3	1	1	5		2	2	1	5	10	-42%	N.S.
TOTAL	6	3	1	10		3	3	1	7	17	-42%	N.S.

POSTE 40-170

MOTOCYCLETTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICIENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	28	14	5	47	RAINURAGE	12	13	8	33	0,70
AVEC BLESSÉS	21	14	9	44		28	33	15	76	1,73
TOTAL	49	28	14	91		40	46	23	109	1,20

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après, } Tb = \text{Total avant, } C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 5

AUTOROUTE 15

TOUS GENRES D'ACCIDENTS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% l d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	906	864	409	2 179	RAINURAGE	449	424	215	1 088	3 267	-30%	90,9
AVEC BLESSÉS	63	37	20	120		40	39	31	110	230	-34%	10,1
TOTAL	969	901	429	2 299		489	463	246	1 198	3 497	-31%	113,5

POSTE 40-170

TOUS GENRES D'ACCIDENTS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	5 311	4 630	2 172	12 113	RAINURAGE	3 569	3 199	1 797	8 565	0,71
AVEC BLESSÉS	444	310	167	921		438	510	328	1 276	1,39
TOTAL	5 755	4 940	2 339	13 034		4 007	3 709	2 125	9 841	0,76

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 6

AUTOROUTE 15

MOUILLÉE, ENNEIGÉE ET GLACÉE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% l' d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	439	549	276	1 264	RAINURAGE	211	190	132	533	1 797	-41%	104,1
AVEC BLESSÉS	34	24	11	69		15	21	19	55	124	-35%	5,63
TOTAL	473	573	287	1 333		226	211	151	588	1 921	-41%	117,67

POSTE 40-170

MOUILLÉE, ENNEIGÉE ET GLACÉE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	2 122	2 477	1 220	5 819	RAINURAGE	1 707	1 379	1 060	4 146	0,71
AVEC BLESSÉS	225	177	98	500		203	229	179	611	1,22
TOTAL	2 347	2 654	1 318	6 319		1 910	1 608	1 239	4 757	0,75

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 7

AUTOROUTE 15

SUIVAIENT DE TROP PRÈS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% 1 d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	391	354	143	888	RAINURAGE	231	210	93	534	1 422	-34%	58,05
AVEC BLESSÉS	20	7	4	31		17	13	23	53	84	-41%	5,73
TOTAL	411	361	147	919		248	223	116	587	1 506	-35%	66,6

POSTE 40-170

SUIVAIENT DE TROP PRÈS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICIENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	1 528	1 314	573	3 415	RAINURAGE	1 391	1 104	602	3 097	0,91
AVEC BLESSÉS	67	37	24	128		138	143	93	374	2,92
TOTAL	1 595	1 351	597	3 543		1 529	1 247	695	3 471	0,98

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après, } Tb = \text{Total avant, } C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 8

AUTOROUTE 15

NÉGLIGENT, VITESSE IMPRUDENTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% 1 d.d.l. (2)
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (Ta)			
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	191	221	107	519	RAINURAGE	109	53	35	197	716	-16%	4,15
AVEC BLESSÉS	27	16	8	51		12	5	9	26	77	-29%	N.S.
TOTAL	218	237	115	570		121	58	44	223	793	-19%	6,72

POSTE 40-170

NÉGLIGENT, VITESSE IMPRUDENTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICIENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	1 520	1 503	690	3 713	RAINURAGE	810	563	284	1 657	,45
AVEC BLESSÉS	214	145	83	442		145	106	66	317	,72
TOTAL	1 734	1 648	773	4 155		955	669	350	1 974	,48

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 9

AUTOROUTE 15

N'A PAS CÉDÉ LE DROIT DE PASSAGE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	X ² à 95% 1 d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	160	140	74	374	RAINURAGE	103	80	40	223	597	-15%	N.S.
AVEC BLESSÉS	2	3	0	5		4	4	1	9	14	+11%	N.S.
TOTAL	162	143	74	379		107	84	41	232	611	-15%	N.S.

POSTE 40-170

N'A PAS CÉDÉ LE DROIT DE PASSAGE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	1 046	757	361	2 164	RAINURAGE	726	508	281	1 515	0,70
AVEC BLESSÉS	16	15	11	42		32	25	11	68	1,62
TOTAL	1 062	772	372	2 206		758	533	292	1 583	0,72

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 10

AUTOROUTE 15

DÉRAPAGE + PERTE DE CONTRÔLE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% l d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	26	33	20	79	RAINURAGE	35	40	48	123	202	-23%	N.S.
AVEC BLESSÉS	4	4	6	14		6	12	6	24	38	-41%	N.S.
TOTAL	30	37	26	93		41	52	54	147	240	-26%	5,26

POSTE 40-170

DÉRAPAGE + PERTE DE CONTRÔLE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								COEFFICI- ENT «C» TA/TB	
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S				TOTAL APRÈS (TA)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	269	343	141	753	RAINURAGE	477	609	435	1 521	2,02
AVEC BLESSÉS	51	46	20	117		81	148	112	341	2,91
TOTAL	320	389	161	870		558	757	547	1 862	2,14

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

% Δ Relatif = $\frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100$ Ta = Total après, Tb = Total avant, C = TA/TB, exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.



ANNEXE D

TABLEAUX DES RÉSULTATS
POUR L'AUTOROUTE 25

TABLEAU 11

AUTOROUTE 25

MOTOCYCLETTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% l d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	3	2	0	5	RAINURAGE	2	0	0	2	7	-43%	N.S.
AVEC BLESSÉS	1	0	0	1		0	3	0	3	4	+73%	N.S.
TOTAL	4	2	0	6		2	3	0	5	11	-31%	N.S.

POSTE 40-170

MOTOCYCLETTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICIENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	28	14	5	47	RAINURAGE	12	13	8	33	0,70
AVEC BLESSÉS	21	14	9	44		28	33	15	76	1,73
TOTAL	49	28	14	91		40	46	23	109	1,20

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%,

TABLEAU 12 :

AUTOROUTE 25

TOUS GENRES D'ACCIDENTS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% 1 d.d.1. (2)
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (Ta)			
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	259	287	96	642	RAINURAGE	178	94	51	323	965	-29%	25,7
AVEC BLESSÉS	32	21	9	62		17	18	12	47	109	-46%	10,13
TOTAL	291	308	105	704		195	112	63	370	1 074	-31%	33,4

POSTE 40-170

TOUS GENRES D'ACCIDENTS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	5 311	4 630	2 172	12 113	RAINURAGE	3 569	3 199	1 797	8 565	0,71
AVEC BLESSÉS	444	310	167	921		438	510	328	1 276	1,39
TOTAL	5 755	4 940	2 339	13 034		4 007	3 709	2 125	9 841	0,76

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 13

AUTOROUTE 25

MOUILLÉE, ENNEIGÉE, GLACÉE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% 1 d.d.1. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	140	165	57	362	RAINURAGE	81	35	21	137	499	-47%	40,65
AVEC BLESSÉS	21	17	8	46		8	10	5	23	69	-59%	13,03
TOTAL	161	182	65	408		89	45	26	160	568	-48%	50,03

POSTE 40-170

MOUILLÉE, ENNEIGÉE, GLACÉE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	2 122	2 477	1 220	5 819	RAINURAGE	1 707	1 379	1 060	4 146	0,71
AVEC BLESSÉS	225	177	98	500		203	229	179	611	1,22
TOTAL	2 347	2 654	1 318	6 319		1 910	1 608	1 239	4 757	0,75

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 14

AUTOROUTE 25

SUIVAIENT DE TROP PRÈS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% l d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	59	62	27	148	RAINURAGE	82	26	20	128	276	-5%	N.S.
AVEC BLESSÉS	3	1	0	4		2	4	12	18	22	+54%	N.S.
TOTAL	62	63	27	152		84	30	32	146	298	-2%	N.S.

POSTE 40-170

SUIVAIENT DE TROP PRÈS	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICIENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	1 528	1 314	573	3 415	RAINURAGE	1 391	1 104	602	3 097	0,91
AVEC BLESSÉS	67	37	24	128		138	143	93	374	2,92
TOTAL	1 595	1 351	597	3 543		1 529	1 247	695	3 471	0,98

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 15

AUTOROUTE 25

NÉGLIGENT, VITESSE IMPRUDENTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% 1 d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	87	108	28	223	RAINURAGE	34	20	11	65	288	-35%	9,64
AVEC BLESSÉS	20	10	4	34		4	4	2	10	44	-59%	6,6
TOTAL	107	118	32	257		38	24	13	75	332	-39%	14,7

POSTE 40-170

NÉGLIGENT, VITESSE IMPRUDENTE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	1 520	1 503	690	3 713	RAINURAGE	810	563	284	1 657	0,45
AVEC BLESSÉS	214	145	83	442		145	106	66	317	0,72
TOTAL	1 734	1 648	773	4 155		955	669	350	1 974	0,48

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 16

AUTOROUTE 25

N'A PAS CÉDÉ LE DROIT DE PASSAGE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	X ² à 95% l d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	62	45	15	122	RAINURAGE	29	26	10	65	187	-24%	N.S.
AVEC BLESSÉS	0	0	3	3		2	1	0	3	6	-38%	N.S.
TOTAL	62	45	18	125		31	27	10	68	193	-24%	N.S.

POSTE 40-170

N'A PAS CÉDÉ LE DROIT DE PASSAGE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	1 046	757	361	2 164	RAINURAGE	726	508	281	1 515	0,70
AVEC BLESSÉS	16	15	11	42		32	25	11	68	1,62
TOTAL	1 062	772	372	2 206		758	533	292	1 583	0,72

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.

TABLEAU 17

AUTOROUTE 25

DÉRAPAGE + PERTE DE CONTRÔLE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE								TOTAL (N) AVANT ET APRÈS	% Δ Relatif (1)	χ ² à 95% l d.d.l. (2)	
	A V A N T			TOTAL AVANT (Tb)	1978	A P R È S						TOTAL APRÈS (Ta)
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)				
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	16	31	10	57	RAINURAGE	21	13	8	42	99	-64%	26,7
AVEC BLESSÉS	5	4	1	10		4	3	1	8	18	-73%	8,50
TOTAL	21	35	11	67		25	16	9	50	117	-65%	34,8

POSTE 40-170

DÉRAPAGE + PERTE DE CONTRÔLE	NOMBRE D'ACCIDENTS PAR ANNÉE									COEFFICI- ENT «C» TA/TB
	A V A N T			TOTAL AVANT (TB)	1978	A P R È S			TOTAL APRÈS (TA)	
	1975	1976	1977 (6)			1979	1980	1981 (6)		
DOMMAGES MATÉRIELS SEULEMENT	269	343	141	753	RAINURAGE	477	609	435	1 521	2,02
AVEC BLESSÉS	51	46	20	117		81	148	112	341	2,91
TOTAL	320	389	161	870		558	757	547	1 862	2,14

(1) % Δ Relatif = Le pourcentage de changement relatif du nombre d'accidents:

$$\% \Delta \text{ Relatif} = \frac{(Ta - Tb \cdot C)}{Tb \cdot C} \times 100 \quad Ta = \text{Total après}, Tb = \text{Total avant}, C = TA/TB, \text{ exprime le changement de la grande population (Poste 40-170)}$$

(2) $\chi^2 = \frac{(Ta - Tb \cdot C)^2}{N \cdot C}$; Si la valeur de cette expression est supérieure à 3,84, alors le % Δ relatif est statistiquement valide à 95% (soit 5% des chances de se tromper) avec un degré de liberté.

* N.S.: Test non significatif à 95%.



BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

A - LES ÉTUDES AVANT-APRÈS

1. F. GARWOOD ET R.F. NEWBY, UTILISATION DU X^2 POUR LA COMPARAISON DES FRÉQUENCES D'ACCIDENTS, RECHERCHE ROUTIÈRE, SYMPOSIUM SUR L'UTILISATION DES MÉTHODES STATISTIQUES DANS L'ANALYSE DES ACCIDENTS DE LA ROUTE, O.C.D.E., PARIS, 1970.
2. ROAD RESEARCH LABORATORY, RESEARCH ON ROAD TRAFFIC, CHAP. 16, LONDON 1965.
3. NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM, METHODS FOR EVALUATING HIGHWAY SAFETY IMPROVEMENTS, REPORT 162, TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, WASHINGTON, D.C., 1975.
4. J.F. SCHWAR ET JOSE PUY-HUARTE, STATISTICAL METHODS IN TRAFFIC ENGINEERING, THE OHIO STATE UNIVERSITY, COLUMBUS, OHIO, AUGUST 1964.
5. PAUL C. BOX ET JOSEPH C. OPPENLANDER PHD., MANUAL OF TRAFFIC ENGINEERING STUDIES, INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, ARLINGTON, VIRGINIA 22209, 1976.

B - AUTRES RÉFÉRENCES AYANT SERVIÉ À L'ÉTUDE

6. ROY JORGENSEN AND ASSOCIATES, EVALUATION OF CRITERIA FOR SAFETY IMPROVEMENTS ON THE HIGHWAY, WESTAT RESEARCH ANALYSTS INCORPORATED, 1966.

BIBLIOGRAPHIE (SUITE)

7. IVEY, GRIFFIN, NEWTON, LYTTON, PREDICTING WET WEATHER ACCIDENTS, ACCIDENTS, ANALYSES AND PREVISIONS, VOL. 13, PP. 83-99, PERGAMON PRESS LTD., GREAT BRITAIN, 1981.
8. NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD, FATAL HIGHWAY ACCIDENTS ON WET PAVEMENT; THE MAGNITUDE, LOCATION AND CHARACTERISTICS, WASHINGTON, D.C., 20594, 1980.
9. NASA SP-5073, PAVEMENT GROOVING AND TRACTION STUDIES, U.S.A. 1968.
10. NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM, INFLUENCE OF COMBINED HIGHWAY GRADE AND HORIZONTAL ALIGNEMENT ON SKIDDING, TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, REPORT 184, WASHINGTON, D.C., 1978.
11. J. BONNOT, RÉGÉNÉRATION DES PROPRIÉTÉS ANTIDÉRAPANTES DES CHAUSSÉES D'AUTOROUTE EN BÉTON, BULLETIN DE LIAISON DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSÉES SUPPLÉMENT N° 80, NOV.-DEC., 1975.
12. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 621, SKIDDING ACCIDENTS, TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, WASHINGTON, D.C., 1976.
13. RICHARD J. RASMUSSEN, PAVEMENT SURFACE TEXTURING AND RESTORATION FOR HIGHWAY SAFETY, HIGHWAY RESEARCH BOARD, WASHINGTON, D.C., 1974.
14. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD 623, SKIDDING ACCIDENTS, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, WASHINGTON, D.C., 1976.

. . . /

BIBLIOGRAPHIE (SUITE)

15. AMERICAN CONCRETE PAVING ASSOCIATION, TECHNICAL BULLETIN
N° 22, GUIDELINE FOR RE-TEXTURING AND RESTORING SURFACE
PROFILE ON EXISTING PORTLAND CEMENT CONCRETE HIGHWAY
PAVEMENTS, 1976.
16. ONSER ACTUALITÉS, LES CHAUSSÉES DE BÉTON RAINURÉES NE SONT
PAS DANGEREUSES POUR LES MOTOCYCLES, N° 46 AVRIL 1977.
17. WILLIAM P. CHAMBERLIN, IDENTIFYING AND SPECIFYING DURABLE
HIGH-FRICTION AGGREGATES FOR SURFACE COURSES, AHONAS ANNUAL
MEETING, WASHINGTON, D.C., MARCH 27-29, 1974.
18. RICHARD W. SMITH, JAMES M. RICE, STEWART R. SPELMAN,
DESIGN OF OPEN-GRADED ASPHALT FRICTION COURSES, PUBLIC ROADS,
SEPTEMBER 1974.
19. VERGIL G. STOVER, LOCATING SLIPPERY HIGHWAY SURFACES THROUGH
ACCIDENT REPORT ANALYSES, PURDUE UNIVERSITY, NOVEMBER 1962.
20. EARL CAMPBELL, THE WET-PAVEMENT ACCIDENT PROBLEM: BREAKING
THROUGH, TRAFFIC QUARTERLY, APRIL 1971.
21. JERRY G. ROSE, BOB M. GALLAWAY, WATER DEPTH INFLUENCE ON
PAVEMENT FRICTION, TRANSPORTATION ENGINEERING JOURNAL,
JULY 1977.
22. IOWA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, DIVISION OF HIGHWAYS, OFFICE
MATERIALS, AN EVALUATION OF THE ROTO-MILL PROFILER ON CONCRETE
PAVEMENTS IN IOWA, NOVEMBER 1976.