

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

Groupe d'Étude P.R.D.A.
Accidents de la Route

ETUDE PILOTE

DE PREPARATION RATIONNELLE DES DECISIONS

CONCERNANT LES ACCIDENTS DE LA ROUTE

TITRE 13 :

INFRASTRUCTURE

et

SECURITE ROUTIERE

février 1969

INFRASTRUCTURE ROUTIERE

Conception et exploitation pour une conduite sûre

S O M M A I R E

I - DONNEES DU PROBLEME

11 - Généralités

12 - Prise en compte de la sécurité dans les travaux du
Ministère de l'Equipement et du Logement

II - STRUCTURE DE PROGRAMME

21 - Définition

22 - Utilisation

III - PROPOSITIONS D'ETUDES

31 - Conception, construction et aménagement de chaussée

32 - Exploitation du réseau

33 - Récapitulation

IV - PROPOSITIONS D'ACTIONS

41 - Lutte contre la glissance hivernale

42 - Expérience de signalisation horizontale

ANNEXE 1 : TABLEAUX

ANNEXE 2 : BIBLIOGRAPHIE

I - DONNEES DU PROBLEME

11 - GENERALITES

On assiste depuis plusieurs années à une croissance régulière du trafic routier, d'environ 8 % par an. Ce phénomène, conséquence de notre développement économique, a été plus rapide que l'amélioration parallèle de l'infrastructure et que l'adaptation de l'homme aux nouveaux outils qui lui sont donnés.

Pour l'homme cet impérieux besoin de se déplacer et de le faire vite n'est pas remis en question. Les constructeurs de véhicules et les responsables de l'infrastructure s'emploient à adapter leur production à cette fin.

L'amélioration des conditions de circulation permet l'augmentation de trafic et diminue les exigences imposées aux conducteurs qui se déplacent à une vitesse donnée. Elle peut donc apporter une très importante contribution à la sécurité et c'est en fait ce qu'on observe généralement. Cependant si l'heureux effet de cette diminution des exigences est compensé par l'effet contraire d'une augmentation des vitesses et d'un abaissement de la vigilance, le résultat peut être moins important qu'on ne l'avait espéré (1)."

Bien que l'on obtienne une diminution du taux des accidents et des victimes par kilomètre parcouru, on constate que le nombre des victimes des accidents de la route augmente d'année en année.

A n n é e s	63	64	65	66	67
Parcours (en 10 ⁸ véhicules x km)	1 090	1 230	1 336	1 450	1 610
Tous accidents corporels	176 275	192 999	210 754	209 906	215 470
Taux des accidents (par 10 ⁸ véh. x km)	162	157	158	145	134

(1) M. Roche (note et études documentaires).

Dans le système formé de véhicules autonomes, se déplaçant sur une infrastructure commune, il y a accident lorsque la trajectoire d'un véhicule interfère avec celle d'un autre ou avec l'environnement. Cette évolution dynamique peut se caractériser par des paramètres définissant l'état des éléments en présence. La première étape de la recherche des causes d'accidents consistera donc à découvrir ces paramètres et à définir une corrélation entre des indicateurs et une probabilité d'accidents.

Les brochures annuelles des accidents corporels de la circulation routière distinguant un certain nombre de ces paramètres. Nous avons fait figurer en annexe, trois tableaux qui indiquent pour 1966 :

- 1° Nature des accidents en fonction des particularités de la route : près de 50 % des accidents se produisent en des points singuliers de l'infrastructure.
- 2° Nature des accidents en fonction des collisions et des particularités de la route.
- 3° Accidents corporels dus à des fautes de conducteurs. A l'intérieur d'un tableau reliant les fautes des conducteurs aux accidents corporels, pour 50 % de ces derniers, une liaison usager-infrastructure a été recensée comme intervenant dans l'accident.

12 - PRISE EN COMPTE DE LA SECURITE DANS LES TRAVAUX DU MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU LOGEMENT

Un titre spécial est consacré à l'organisation de la Sécurité Routière dans le rapport final de l'étude-pilote des accidents de la route.

S'il est des secteurs pour lesquels les attributions des différents Ministères peuvent sembler mal définies, ce n'est pas le cas de l'infrastructure. C'est le Ministère de l'Equipement, en tant que maître d'œuvre et gestionnaire du réseau routier, et plus spécialement la Direction des Routes, qui sont responsables de la Sécurité Routière en ce qui concerne l'infrastructure.

Les actions de sécurité ne sont pas, en général, individualisées dans le budget de la Direction des Routes.

II - STRUCTURE DE PROGRAMME

21 - DEFINITION

Pour effectuer dans des conditions acceptables de sécurité le déplacement d'un véhicule automobile à une vitesse donnée, il est nécessaire d'assurer le bon fonctionnement d'un système complexe dans lequel interviennent plusieurs paramètres : les caractéristiques du conducteur, du véhicule, de l'infrastructure routière, de la circulation et de l'environnement.

L'analyse de ce système a conduit à l'élaboration d'une structure de programme qui fait ressortir toutes les actions possibles en vue de l'amélioration de la sécurité routière.

Nous reproduisons, ci-dessous, la partie concernant l'infrastructure :

1° Actions de conception, de construction et d'aménagement :

- a) Recherche sur les normes de tracés, la conception des chaussées (prise en compte de la sécurité pour les projets),
- b) Amélioration de l'aménagement des intersections et autres points noirs (passages à niveaux, etc.),
- c) Elargissement des voies de circulation et séparation des chaussées,
- d) Aménagement linéaire des routes (signalisation verticale et au sol, suppression des obstacles en bord de chaussée, etc.),
- e) Dispositifs de sauvegarde (glissières de sécurité, signalisation des accidents pour éviter les accidents en chaîne, etc.),
- f) Amélioration de l'esthétique et de l'éclairage des routes,
- g) Définition de programmes d'aménagements,
- h) Autres actions de conception, de construction et d'aménagement,
- i) Organisation et administration des actions de conception, de construction et d'aménagement,

j) Réglementation :

- élaboration de manuels destinés aux services d'étude et de construction,
- réglementation portant sur les diverses actions envisagées.

g) Contrôle portant sur la sécurité dans les projets.

2° Actions sur l'exploitation du réseau du point de vue de la sécurité : entretien :

- a) Prise en compte de la sécurité lors de travaux sur le domaine public routier,
- b) Entretien de l'état des chaussées,
- c) Lutte contre les intempéries (pluie, neige, verglas, etc.),
- d) Coordination de l'entretien et des réparations de l'infrastructure - Projection de gravillons,
- e) Autres actions portant sur l'entretien du réseau,
- f) Organisation et administration des actions d'entretien du réseau,
- g) Réglementation :

- réglementation de l'environnement immédiat du réseau routier (panneaux de publicité, plantations, obstacles divers, accès des riverains, etc.),
- réglementation portant sur les diverses actions envisagées,

h) Contrôles et sanctions portant sur l'intégrité et l'entretien du domaine routier.

3° Actions sur l'exploitation du réseau du point de vue de la sécurité : Régulation du trafic :

a) Séparation des circulations :

- Cyclistes et motocyclistes : pistes cyclables,
- Piétons : trottoirs, passerelles, passages souterrains,

b) Spécialisation des itinéraires :

- Voies rapides,
- Interdiction des petits parcours sur certains itinéraires à longue distance,
- Homogénéité des trafics (interdiction de certains itinéraires à certains types de véhicules),

- c) Autres actions portant sur la régulation du trafic,
- d) Organisation et administration des actions sur la régulation du trafic,
- e) Réglementation portant sur les diverses actions envisagées,
- f) Contrôles du respect de la réglementation et sanctions.

22 - UTILISATION

Cette structure de programme a servi de schéma général de départ pour établir en collaboration étroite avec les services concernés, un inventaire de ce qui existait et une réflexion sur ce qu'il était possible d'entreprendre.

Selon les deux catégories de relations : véhicules-infrastructure et usager-infrastructure, dans lesquels peuvent se situer les différents points étudiés, l'approche est sensiblement différente.

En effet, dans le premier cas, il s'agit essentiellement d'un problème technique pour lequel la connaissance scientifique dépend de recherches en cours ou à venir, mais sur lesquelles des données peuvent être chiffrées ainsi que l'effort à entreprendre et les résultats à en attendre. On peut dire qu'actuellement ce côté technique a été examiné par la plupart des organismes ou services s'occupant de circulation. En revanche, en ce qui concerne une corrélation entre un état physique du système (infrastructure-véhicule-usager) et la probabilité d'accidents qui s'y rattache, pratiquement tout reste à étudier. Ce n'est qu'à partir de comparaisons entre le nombre d'accidents et les valeurs caractérisant le système, qu'on pourra proposer des solutions.

Ne possédant pas les données de bases indispensables à des études justificatives d'action à entreprendre concernant certains de ces points, nous avons dressé une première liste des recherches à effectuer pour les obtenir. Pour d'autres actions, nous avons estimé que, compte tenu de leur importance, des études effectuées et des avantages qu'elles pouvaient présenter, il était possible de proposer des projets concrets.

On est ainsi conduit à classer les points examinés en deux catégories :

- Ceux pour lesquels il est indispensable de procéder à des expériences ou à des études statistiques complètes avant de se prononcer sur leur bien fondé et sur leur efficacité (propositions d'études).

- Ceux pour lesquels d'ores et déjà on peut dire que, si on y consacre tels moyens, on obtiendra tels effets (propositions d'action).

III - PROPOSITIONS D'ETUDES

31 - CONCEPTION, CONSTRUCTION ET AMENAGEMENT DE CHAUSSEES

311 - Normes de tracé et conception

Cette matière fait actuellement l'objet des préoccupations du C. E. C. T. A. R. (Groupes d'Etude des Conditions Techniques d'Aménagement des Routes). La diffusion des conclusions sera assurée par des instructions de la Direction des Routes et de la Circulation Routière (D. R. C. R.). Le projet de rédaction des chapitres I, II, III et IV qui traitent respectivement : les données de base, le tracé en plan et le profil en long, les profils en travers, et les Carrefours, a fait l'objet d'une première diffusion en février 1969.

3111 - Eléments d'étude technique

La définition des paramètres géométriques de la route (rayon on plan et en profil en long) est fondée sur un raisonnement simple faisant intervenir la sécurité par l'intermédiaire, en particulier, de la distance de freinage ou de la distance de visibilité nécessaire pour effectuer des manoeuvres, notamment les manoeuvres de dépassement.

La définition des normes adoptées présuppose des hypothèses sur la catégorie de la route. La vitesse de base est l'expression de ces hypothèses. Elle est déterminée, après arbitrage, entre les avantages de vitesse (valeur du temps, de confort, de sécurité, de capacité et de fluidité) et les dépenses résultant des aménagements afférents. Chaque ingénieur choisit les caractéristiques de manière à optimiser son bilan économique, mais est tenu de respecter certaines contraintes internes entre les différentes normes, lesquelles consistent à choisir la vitesse de base.

Cette dernière étant définie, les dimensions minimales des aménagements de la route sont fixées. En effet :

- La vitesse de base est considérée par les techniciens comme étant la vitesse à laquelle les points singuliers sont supposés pouvoir être parcourus avec un coefficient de sécurité satisfaisant. Elle correspond, dans une courbe, à l'accélération transversale de 0,15 g considérée pour les conducteurs comme l'accélération optimum du point de vue confort et sécurité. En fait, le problème de la sécurité se pose à partir d'une accélération beaucoup plus élevée.

= D'autre part, en ligne droite, la vitesse de base conditionne les aménagements tels que les bandes jaunes de dépassement.

3112 - Perception des normes par l'usager

Un point important est de connaître dans quelle mesure les conducteurs ont conscience de la vitesse de base et simultanément s'il existe une relation entre cette vitesse et le taux d'accident. Des études de la section psycho-sociologique de l'O. N. S. E. R. ont montré que l'usager est persuadé que la chaussée est dimensionnée pour une vitesse bien supérieure à sa vitesse de base. La perception de la vitesse de base ne peut être ressentie pour l'usager que dans les passages difficiles ; or, au moins 60 % du parcours lui permettent une vitesse supérieure. On arrive tout naturellement au problème de l'homogénéité des itinéraires. En fait, cette question n'a pas été laissée de côté par la Direction des Routes, et des zones de transition ont été prévues pour les raccordements de routes à vitesses de base différentes. Il ne manque donc que les mesures "après" qui permettraient de tester l'efficacité de la solution retenue.

3113 - Recherches

Si cinématiquement on peut considérer que les études routières ont été approfondies, il reste quand même à mesurer quel est le résultat concret sur le plan de la sécurité de l'évolution des caractéristiques de la route.

Nous proposerons de rechercher des corrélations entre :

- 1° les valeurs de la sécurité et la vitesse de base, c'est-à-dire une corrélation entre les caractéristiques des points singuliers et le nombre d'accidents.
- 2° les valeurs de la sécurité et l'homogénéité des itinéraires (exprimée par exemple par le rapport entre le nombre de kilomètres où la vitesse de base doit être respectée et le nombre de kilomètres où il est possible d'aller plus vite).

312 - Revêtement

Une chaussée comprend un corps de chaussée et une couche de surface. De cette dernière dépendent l'adhérence, le confort, le contraste de teinte et, par conséquent, la sécurité du véhicule.

Outre les chaussées pavées, réservées maintenant aux voies urbaines, il existe deux grandes techniques de construction des couches de surface : les chaussées rigides en béton de ciment, et les chaussées souples en produits hydrocarbonés. L'arbitrage entre ces deux méthodes implique la prise en compte des considérations suivantes :

3121 - Eléments d'étude technologique

Sur le plan des avantages techniques, on ne peut pas dire dans l'absolu qu'une méthode soit plus valable que l'autre. Du point de vue sécurité, aucune de ces chaussées n'est parfaite mais chacune peut être raisonnablement choisie.

- . Il existe pour les chaussées en béton de ciment, des techniques de brossage transversal qui, tout en ne coûtant pas plus cher donnent une rugosité convenable et un coefficient d'adhérence valable même par temps de pluie.
- . De même, le Laboratoire Central a mis au point des "enrobés grenus" qui, pour les produits noirs, donnent de bons résultats.

D'autres éléments correspondant à l'influence de l'environnement de la route peuvent déterminer le choix d'une solution plutôt qu'une autre. Par exemple, dans les chaussées en remblais-déblais peuvent se produire des tassements différentiels : un revêtement souple sera plus approprié.

Il existe en outre une règle, admise par l'ensemble des services et résultant d'un accord entre les cimentiers et les pétroliers, qui consiste, pour les autoroutes, à construire un tiers des chaussées en béton et deux tiers en produits noirs.

Le Laboratoire Central et les laboratoires régionaux des Ponts et Chaussées s'occupent de conception de chaussées en ce qui concerne le choix des matériaux et les conditions d'exécution. Leur action s'exerce par l'intermédiaire de prescriptions techniques dont la diffusion est assurée par des circulaires. Leur rôle est donc de rechercher de meilleures techniques ; il ne peut être efficace que si la deuxième partie, diffusion et adoption des techniques nouvelles, est menée à bien.

Il faut observer que l'adhérence n'a pas la même importance selon les caractéristiques de l'environnement de la chaussée proprement dite, et en particulier, selon :

- . l'intensité du trafic et, par conséquent, selon le type de route,
- . les conditions de visibilité,
- . le climat (pluie, brouillard, verglas...)

3122 - Comportement du conducteur

Le comportement de l'utilisateur en fonction des qualités de la chaussée doit être nécessairement pris en compte dans des études sur l'adhérence.

...

A chaque instant, un automobiliste est influencé par la demi-heure de circulation qui précède. Il est capable de s'adapter à des conditions très difficiles, mais le danger réside dans la surprise due à un changement brusque.

La perception par l'usager des qualités de la chaussée est un problème non moins important :

- Il est très lié au précédent en ce qui concerne les changements de revêtements. Pour cela, un effort doit être fait dans le sens de l'homogénéité des itinéraires : un tapis plus mince sur une plus grande longueur est préférable à un saupoudrage de renforcement. On pourrait quantifier cette hypothèse en mesurant les vitesses des véhicules avant et après une jonction de revêtements dans les deux sens de circulation.
- En cas de pluie, l'automobiliste est frappé par le changement d'adhérence et diminue son allure. Cette surprise passée, il reprend sa vitesse de croisière, l'adhérence étant faible, il y a alors danger. (des mesures -SETRA- ont révélé que la vitesse moyenne des usagers par temps de pluie n'est inférieure que de 6 % à ce qu'elle est par temps sec, alors qu'elle devrait être inférieure de 30 % ou 40 % pour maintenir le même niveau de sécurité).

3123 - Eléments d'étude économique

La différence de coût entre les différentes solutions est en général inférieure à la marge d'incertitude que l'on peut avoir sur les coûts de mise en oeuvre.

Dans la mesure où mettre en oeuvre des routes à bonne adhérence ne coûte pas plus cher, le seul investissement supplémentaire est dû à la recherche de techniques satisfaisantes et à leur diffusion auprès des ingénieurs routiers pour qu'ils les adoptent. En fait, cette amélioration peut s'accompagner de légères augmentations de coût :

- Le choix d'un matériau particulier pour ses qualités de résistance au polissage peut entraîner une augmentation de la distance d'approvisionnement et, par conséquent, un accroissement des dépenses,
- Un revêtement pour la sécurité peut n'avoir aucun rapport avec les revêtements actuels (les Anglais emploient en couche de surface de la bauxite calcinée).

3124 - Etudes et recherches

Qualitativement, les relations entre la sécurité et l'adhérence ou le confort de la route ne font aucun doute. Peut-on aller plus loin, raisonner quantitativement et définir un type d'études coût-efficacité ?

Certaines études ont déjà été effectuées, il serait intéressant d'en faire la synthèse. Les conclusions obtenues seraient mises en application sur un certain nombre de kilomètres afin de vérifier si l'on obtient bien les résultats escomptés.

Ces conclusions devraient permettre de répondre aux problèmes suivants :

- A partir d'une typologie des revêtements, définition de l'adhérence correspondante et de son évolution dans le temps.
- Perception de l'adhérence par l'usager.
- Influence de la qualité du revêtement sur la vitesse du conducteur.
- Corrélation adhérence-accidents.
- Organisation de la diffusion des progrès techniques en matière d'adhérence. Education des ingénieurs routiers.

313 - Aménagements des intersections et autres points noirs

Il est difficile de définir ce qu'est un point noir, étant donné le caractère aléatoire de la localisation des accidents. Tout carrefour est un point noir potentiel. Il le devient lorsque le nombre d'accidents y est supérieur à un certain taux. On admet que les carrefours les plus dangereux sont ceux où se sont produits le plus d'accidents.

On peut craindre qu'après quelques années de service, un point noir aménagé retrouve ses caractéristiques de point noir. Afin de systématiser cette recherche, on pourrait chercher à définir le risque ou le niveau de danger que représente un carrefour en croisant, par exemple, les éléments tels que caractéristiques géométriques (bombement de la chaussée, rayon de courbure, visibilité, etc...) et la conjonction des flux de circulation sur chacune des voies en donnant des variations journalières de ces flux.

...

Une étape importante dans ces études serait l'établissement de la carte des points noirs et de celle des points noirs potentiels à laquelle serait jointe l'estimation de la rentabilité des aménagements.

- Une étude d'efficacité sur les points noirs aménagés depuis trois ans permettrait d'apprécier l'effet de durée des aménagements et de compléter la carte des points noirs potentiels.

- Ces études serviraient à définir des carrefours types présentant la sécurité optimale, à élaborer des manuels à l'usage des ingénieurs routiers.

La recherche des aménagements dits de sécurité se fait à l'initiative des directions départementales de l'équipement. Le projet constitué est soumis à l'approbation de la D. R. C. R. Cette dernière a consacré 25 millions de francs en 1967 à de tels aménagements, la rentabilité marginale s'est située vers 25 %. La prise en compte des nouveaux barèmes pour les accidents, porte cette rentabilité aux environs de 35 %. Bien qu'actuellement la D. R. C. R. satisfasse les demandes départementales qui lui sont proposées, nous pensons qu'un travail important reste à faire et que le chiffre actuel de trois aménagements par an peut être doublé.

La prise en considération d'opérations ayant un taux de rentabilité supérieur à 15 % fera augmenter leur nombre d'une façon importante.

La recherche et la réalisation d'opérations de sécurité nécessitent du personnel spécialisé et des statistiques élaborées sur l'ensemble du réseau en vue d'actions définies. Pour "faire des actions", il faut du personnel à plein temps et non des services pour lesquels la sécurité n'est qu'une partie de la circulation routière. Sous la responsabilité d'une sous-direction de la sécurité à la D. R. C. R. pourraient être mises en place des équipes régionales ayant pour mission d'améliorer la sécurité routière sur le réseau dont elles auraient la charge. Ces équipes comprenant un ingénieur routier, un psychologue, un économiste statisticien assistés de personnel et pourvus de matériels, établiraient un rapport sur la sécurité de leur région indiquant l'état actuel du réseau de ce point de vue et les aménagements proposés.

- Une dernière étude serait à entreprendre. "Perspective du problème des points noirs en milieu urbain et suburbain". Rien n'a encore été fait, cela pourrait constituer un des domaines d'étude de l'ONSER à moyen terme.

Problème des sections noires

Une recherche des sections où se concentrent les accidents est en cours à la D. R. C. R. ; après un premier dépouillement, il s'est avéré que la concentration d'accidents sur le tiers de ces sections n'est pas due au hasard mais à une déficience structurelle de la route.

En ce qui concerne les routes nationales :

- | | | | | | |
|--------|-----------|--------------|-------------|-------|--------------------------|
| - 10 % | du réseau | peuvent être | considérées | comme | |
| - 75 % | " | " | " | " | statistiquement "normal" |
| - 10 % | " | " | " | " | dangereux |
| - 5 % | " | " | " | " | très dangereux. |

Cette étude doit aboutir à la définition de la section noire et de ses caractéristiques.

314 - Elargissement des voies de circulation et réparation des chaussées

Sur ce problème, l'ONSEP a réuni suffisamment de statistiques pour pouvoir écrire dans une note parue en janvier 1969 :

- "1° Les routes à trois voies meurtrières sont quatre fois plus nombreuses que les ~~autres~~ *autres routes à 2 ou 3 voies meurtrières*"

Il y a 500 km de bonnes routes à trois voies et 1 500 km de routes de 9 m sur lesquelles il n'y a pas plus d'accidents, mais où les accidents sont généralement nettement plus graves ; le taux de tués est de 30 % supérieur à la moyenne.

Les routes de 9 m étaient des routes de 7 m qui ont souvent été améliorées avec des crédits insuffisants, ce qui coûte, par an, 240 vies humaines, soit près de 2 000 depuis 1958. Il ne suffit pas, en effet, d'élargir une route pour qu'elle soit plus sûre. Bien d'autres éléments tels que le tracé, la visibilité, l'aménagement des carrefours sont bien plus importants que la largeur.

- 2° Les autoroutes et les voies rapides ne résoudront pas le problème de la sécurité routière.

85 % des accidents se produisent sur les routes de 7 m, ou de largeur inférieure ; d'autre part, une étude récente montre que, même en construisant 5 000 km d'autoroutes d'ici 1980, on ne réduira les accidents de la route que de 5 à 10 %.

Sans doute les accidents qui se produisent sur les routes à 3 et 4 voies sont-ils souvent graves ; néanmoins, ils ne représentent finalement, même pour les tués, qu'une faible part du lourd bilan des accidents".

315 - Aménagement linéaire des routes

3151 - Signalisation verticale

a) Eléments techniques :

La Direction des Routes a progressivement élaboré une signalisation théoriquement rationnelle du point de vue visibilité, emplacement et compréhension.

De l'avis des experts, une augmentation de crédit ne se justifierait pas en ce domaine. Il s'agirait plutôt d'utiliser plus judicieusement les possibilités actuelles : c'est dans la réglementation de la signalisation qu'une amélioration sensible doit être apportée. A ce propos un bétisier de la signalisation est en cours de rédaction à la Direction des Routes.

Afin de cooporter les travaux de la D. R. C. R. une enquête sur l'efficacité de la signalisation et des expériences sur le terrain en vue de déterminer l'emplacement et la forme optimum des panneaux pourrait être entreprise.

b) Comportement du conducteur :

A l'heure actuelle, on assiste à une croissance du non respect de la signalisation. Ce phénomène est la conséquence de critères de choix extérieurs à la sécurité (tels que les besoins de la presse ou des élus locaux, la couverture juridique de certains fonctionnaires ou de certains entrepreneurs) qui créent une signalisation parfois absurde (limitation de vitesse abusive, mauvaise définition des priorités, panneaux surabondants). Le sentiment de cette absurdité ressenti au niveau de la police et de l'usager est la cause d'une indifférence générale vis-à-vis de la signalisation.

En vue de connaître la perception de la signalisation par l'usager, une première étude consisterait à rechercher quels sont les panneaux les moins respectés et ce qui en résulte pour la sécurité. L'exploitation des résultats nécessiterait évidemment la présence d'un psychologue.

La réussite d'un changement de signalisation ou de réglementation la concernant implique essentiellement une action d'information auprès des tribunaux, de la presse et de la collectivité en ce qui concerne la nocivité d'une signalisation surabondante et mal adaptée.

3152 - Mise à priorité d'itinéraires

Le seul cas où une dépense importante en matière de signalisation pourrait être envisagée pour une année donnée serait celui où on déciderait de généraliser une priorité absolue sur certains itinéraires à la place des priorités à droite (suppression des anciens panneaux et implantation de nouveaux).

Il semble d'ores et déjà que ces expériences se soient révélées effectivement rentables en Seine-et-Marne. L'efficacité semble due au fait que 40 % de tous les accidents ont lieu en carrefour et que 25 % se produisent sur le réseau secondaire. Toutefois, on doit remarquer que les accidents qui ont lieu en carrefour sont comptabilisés sur la voie la plus importante.

Afin de se rendre compte de l'efficacité de cette opération, il serait souhaitable de recueillir des statistiques d'accidents avant et après l'expérience. On pourrait alors, sur la base de chiffres sûrs, établir un bilan économique.

3153 - Possibilité de réaliser une signalisation sonore

Cette idée a été mise en pratique aux sorties des boulevards périphériques qui sont réalisées en pavés. Les vibrations et le bruit qui en résultent font ralentir le conducteur et lui font prendre une vitesse en rapport avec la circulation qu'il va aborder. Cette application est peut-être fortuite mais le résultat existe. En revanche, les Anglais qui avaient expérimenté ce principe dans le cadre de leur recherche sur le "Cromwell by-pass" avaient fait des zones d'essais de striages du béton très prononcés. Ils obtenaient une adhérence excellente, mais ils ont eu des accidents provoqués par la surprise causée aux automobilistes.

Hors des grandes agglomérations, cette forme de couche de roulement présente un réel intérêt pour les traversées de ville ou de village ; son application pourrait être envisagée pour signaler les carrefours ou certains points singuliers.

3154 - Signalisation horizontale

La signalisation horizontale comprend trois types de tracés :

- a) Bande jaune pointillée : délimitation des voies, aide à la circulation.
- b) Bande jaune continue : dépassement, sécurité.
- c) Bande blanche latérale : guidage, exploitation.

Les experts s'accordent à reconnaître l'efficacité d'une signalisation horizontale correctement implantée et entretenue tant du point de vue débit que sécurité.

Une expérience est actuellement prévue sur la R.N. 10 entre Trappes, Chartres et Tours. Elle fait l'objet d'un chapitre dans la dernière partie de cette annexe.

3155 - Obstacles en bord de chaussée

Des essais ont montré que les accidents avec choc sur obstacle fixe (mur ou arbre) sont aussi graves que ceux qui se produisent de plein front avec un autre véhicule.

D'après une circulaire de la Direction des Routes, toute plantation nouvelle doit être faite à 3,50 m du bord de chaussée mais ensuite, rien n'empêche l'ingénieur d'élargir la route jusqu'à 0,50 m de ces plantations. Un choix est à faire entre l'esthétique générale de la route et la vitesse possible sur cette même route. En ce qui concerne l'abattage des plantations existantes, l'avis de la commission des sites est obligatoire. Son accord dépend souvent de l'engagement des Ponts et Chaussées de compenser des abattages par des plantations nouvelles ne présentant pas les mêmes inconvénients. Cela implique donc des crédits à affecter à une telle opération.

Il faudrait pouvoir faire une synthèse des études effectuées sur les accidents aggravés par la présence d'obstacles aux abords de la chaussée et en particulier par la présence des arbres. Nous possédons actuellement le chiffre des obstacles heurtés par les voitures de tourisme en 1965. Il représente plus de 10 % des accidents corporels de cette année :

Obstacles sur la chaussée		Obstacles en bordure de la chaussée	
	Nbre		Nbre
Animal isolé en liberté	309	Lampadaire, poteau borne	4 666
Troupeau	86	Arbre	5 603
Branche ou arbre tombé	54	Talus, haie	4 317
Rail en relief	21	Mur, murette, parapet	4 441
Barrière, passage-à-niveau	120	Animal isolé ou en troupeau	13
Matériaux divers	378	Bordure de trottoir ou de refuge	2 840
	968		21 880

L'exploitation de ces statistiques doit être accompagnée d'une enquête faite en service extérieur pour s'assurer des caractéristiques des routes sur lesquelles se sont produits les accidents. Pour que les observations soient significatives, il faudrait soumettre à l'enquête plus de 3 000 kilomètres de route.

3156 - Dispositifs de sauvegarde - Glissières de sécurité

On pose actuellement 450 kms de glissières. Environ la moitié est posée sur autoroutes.

Il y a lieu de distinguer deux types de glissières :

Glissières sur accotement :

Il semble que ces glissières sont appelées à remplir deux fonctions ; tantôt elles servent de balisage et, dans ces conditions elles devraient être remplacées par une autre signalisation, tantôt elles servent à maintenir les véhicules sur la chaussée et, dans ces conditions, des recherches devraient être effectuées pour définir leur efficacité en fonction de l'accotement sur lequel elles sont implantées (viaducs, talus, etc.).

Glissières sur terre-plein central :

Là encore, les idées sont imprécises, les Américains et les Anglais se posent la question de savoir à partir de quel niveau de trafic les glissières sont nécessaires sur le terre-plein central.

Il existe un rapport de l'O. C. D. E. traitant de la rentabilité des glissières sur terre-plein et sur accotement.

Les experts de l'O. N. S. E. R. du Laboratoire de Lyon doivent examiner incessamment l'implantation des glissières de sécurité sur toutes les autoroutes.

Il serait souhaitable d'effectuer des recherches sur la méthode à utiliser pour faire une étude coût-efficacité sur les glissières de sécurité.

Il semble que l'O. N. S. E. R. soit l'organisme le plus qualifié pour effectuer ces réflexions méthodologiques.

3157 - Rénovation d'itinéraires

Ces opérations coordonnées par la D. R. C. R. sont imputées sur l'article 2 du chapitre 35-21. Elles comprennent les traitements suivants qui sont effectués selon les prescriptions des normes les plus récentes :

...

- Curage des fossés,
- Abattage d'arbres,
- Dérèglement d'accotements, stabilisation,
- Aires de stationnement,
- Glissières de sécurité,
- Déplacement de signalisation verticale,
- Marquage horizontal, Bandes jaunes et blanches.

En 1969, cent millions seront consacrés aux itinéraires Paris-Strasbourg (N 4) et ~~Belfort-Châlon~~. En 1970, il est prévu de traiter les axes : Paris-Mnubeuge (N 2) et Bordeaux-Toulouse-Montpellier (N 113) pour un coût total de 120 à 150 millions. La rénovation de l'axe Calais-Béthune-Arras-Reims-Saint-Dizier-Dijon est envisagée pour une date ultérieure.

Il faut mettre en place sur ces axes, avant le commencement des travaux, une structure de collecte de statistiques. L'analyse des caractéristiques actuelles doit être assez détaillée pour permettre de déterminer ultérieurement quelles sont les modifications de conception ou d'aménagement d'infrastructure dont l'influence sur la sécurité est la plus importante.

316 - Amélioration de l'esthétique et de l'éclairage des routes

Techniquement, de nombreuses études ont été faites pour déterminer la forme, l'emplacement et la puissance des dispositifs d'éclairage à utiliser.

La Direction des Routes a entrepris une étude sur la rentabilité de l'éclairage dans laquelle il est dit que : "l'éclairage apporte pour le conducteur une amélioration de la visibilité, donc de son confort, la possibilité de rouler plus vite et en plus grande sécurité". Mais les statistiques disponibles et les études récentes ne permettent pas de tirer de conclusions chiffrées en ce qui concerne cette amélioration de la vitesse et du confort de l'automobiliste. Par contre, différentes études menées aux Etats-Unis et en Australie ont montré que l'éclairage avait une influence sur le taux d'accidents et leur gravité.

En prenant en compte, dans la brochure annuelle d'accidents corporels de la circulation routière en 1965, les statistiques d'accidents classés par heure et les accidents en fonction de l'éclairage, une relation a été établie entre le rapport des accidents de nuit aux accidents de jour et le niveau d'éclairage. L'introduction des éléments techniques et de leur coût en fonction de l'éclairage qu'ils fournissent a permis de fixer des seuils de trafic assurant la rentabilité de l'éclairage (taux de rentabilité marginale de 12 %).

Les bases statistiques de cette étude sont très faibles, la Direction des Routes en est consciente. Il est nécessaire de faire des mesures avant et après" en des points précis.

Une première recherche à entreprendre est donc la détermination de ces points en nombre suffisant pour que l'expérience soit significative. Un des critères de localisation pourrait être le seuil de trafic déterminé dans la précédente étude.

32 - EXPLOITATION DU RESEAU

321 - Entretien de l'état des chaussées

Cette mission confiée à la Direction des Routes est, pour la partie conception technique, assurée par le SETRA.

Le réseau national, dont une partie importante est ancienne et n'a pas été conçue pour le trafic actuel, supporte difficilement les conditions qui lui sont imposées. On assiste à une usure régulière des couches de surface et à des dégradations importantes de la chaussée dans son ensemble lors de saisons rigoureuses (hiver 62-63 par exemple).

La croissance du trafic lourd, la raréfaction et le vieillissement du personnel ont fait naître le besoin d'améliorer la productivité des parcs d'entretien. Il n'y a pas eu à proprement parler d'études spécifiques destinées à améliorer l'entretien pour diminuer la gêne apportée aux usagers, mais il y a eu des études de mécanisation et de gestion moderne du matériel et des équipes d'entretien, études qui ont pu être assez poussées avec l'introduction de la comptabilité analytique dans les services territoriaux des Ponts-et-Chaussées.

La périodicité du renouvellement des revêtements superficiels est en rapport étroit avec l'adhérence, le confort et, par conséquent, la sécurité de la route. Il n'existe pas actuellement d'indicateurs de qualité dont certaines valeurs entraînent automatiquement le renouvellement d'une couche de surface. Budgétairement, les crédits de renforcement et de renouvellement correspondent respectivement aux actuels articles 2 et 1 du chapitre 35-21 ; la définition de ces enveloppes limite le choix en matière d'entretien ou de renforcement.

On peut estimer qu'actuellement l'équilibre entre l'entretien préventif (renouvellement) et l'entretien curatif (bouchage des trous et des flasques) est proche de l'optimum. Il reste à prendre en compte la sécurité. Si l'on accroît les renouvellements, on obtient une meilleure adhérence et, partant, une meilleure sécurité.

Outre les recherches préconisées sur la corrélation adhérence-sécurité dans le chapitre "conception des chaussées", il serait intéressant d'élargir le champ d'études en introduisant différents degrés de déformation de la chaussée et en cherchant une relation entre les accidents et la qualité de la chaussée.

322 - Lutte contre les intempéries

Cette question est actuellement en cours d'étude au SETRA ; elle fait l'objet d'un bilan économique dans la dernière partie de cette annexe.

323 - Organisation de la circulation

3231 - Réglementation concernant l'environnement immédiat des routes

Il existe trois catégories de routes : les autoroutes, les routes express et les routes ordinaires sur lesquelles il n'existe pas, comme sur les deux premières, de servitudes d'accès. La réglementation des routes express est telle qu'elle peut s'appliquer à n'importe quelle voie. Actuellement, c'est essentiellement en vue d'une meilleure circulation qu'une route est baptisée express et non pour des raisons de sécurité.

Le problème est de savoir si l'on a intérêt, en ce qui concerne les routes suburbaines, à appliquer le statut de route express à un nombre plus grand de voies ; il serait intéressant pour cela de connaître le pourcentage d'accidents provenant de sorties de garages particuliers ou de voies secondaires débouchant sur le trafic principal.

Il existe une expérience de séparation des trafics lent et rapide à Trappes où ont été créées des contre-allées. Des mesures avant et après ont été effectuées. Compte tenu des résultats obtenus, l'application de cette réalisation à d'autres nationales pourrait être étudiée.

Il faut remarquer que la question des servitudes d'accès se double généralement d'un problème de signalisation et d'éducation des conducteurs.

En effet, si il n'existe aucune modification d'infrastructure telle que pavés, rétrécissement de chaussée, signalisation lumineuse, etc., la limitation réglementaire de vitesse dans les entrées de ville n'est pas respectée.

3232 - Spécialisation des itinéraires

C'est le problème de la séparation des poids lourds et des voitures particulières. Les statistiques indiquent que le mélange de ces deux trafics n'est pas plus accidentogène, mais que pour un même nombre d'accidents corporels, il y a trois fois plus de tués. Par ailleurs, l'opération Primovère a montré qu'on obtenait une meilleure fluidité du trafic. Or un trafic fluide nécessite moins de tension de la part du conducteur et, par conséquent, lui cause moins de fatigue.

On pourrait éventuellement examiner sur le réseau secondaire quels sont les itinéraires de dégagement permettant de séparer les trafics. Si des expériences étaient concluantes, on pourrait renforcer les voies secondaires pour généraliser cette spécialisation. En ce qui concerne les coûts de telles opérations pour les transporteurs, des études ont été faites au SETRA.

3234 - Régulation du trafic

Actuellement, il existe deux types de signaux :

- les signaux à cycle fixe que l'on peut coordonner,
- les signaux commandés par la détection des débits aux entrées du carrefour.

Si, en ce qui concerne la circulation, on connaît les critères de trafics justifiant la mise en place de ces systèmes, aucune étude n'a été faite concernant les accidents. La mise en place d'un réseau de mesure avant et après est nécessaire à l'étude de la rentabilité des installations de feux, du point de vue de la sécurité.

33 - RECAPITULATION - PROPOSITIONS D'ETUDES PORTANT SUR L'INFRASTRUCTURE ROUTIERE

331 - Conception, construction et aménagement des chaussées

3311 - Normes de tracé et conception

a) Recherches des valeurs de la sécurité en fonction des caractéristiques de la route :

- valeur de la sécurité en fonction de la vitesse de base,
- valeur de la sécurité en fonction de l'homogénéité des itinéraires.

b) Recherches des valeurs de la sécurité en fonction du revêtement de la route :

...

- synthèse des études françaises et anglaises à ce sujet,
- à partir d'une typologie des revêtements, définition de l'adhérence correspondante et de son évolution dans le temps,
- perception de l'adhérence pour l'usager,
- influence de la qualité du revêtement sur la vitesse du conducteur,
- corrélation adhérence-accidents,
- organisation de la diffusion des progrès techniques en matière d'adhérence - Education des ingénieurs routiers.

3312 - Amélioration de l'aménagement des intersections et autres points noirs

a) Définition du niveau de danger que représente un carrefour.

b) Elaboration de manuels à l'usage des ingénieurs routiers. Définition de carrefour type présentant la sécurité optima.

c) Recenser les points noirs dont la rentabilité de l'aménagement est inférieure à 25 % .

- Etude efficacité sur les points noirs aménagés depuis trois ans,
- Etablissement de la carte des points noirs et de celle des points noirs potentiels,
- Recherche des "Sections noires" où se concentrent les accidents,
- Perspectives du problème des points noirs en milieu urbain et suburbain.

3313 - Aménagement linéaire des routes

a) Signalisation verticale :

- Enquête sur l'efficacité de la signalisation,
- Recherche des panneaux non respectés et de l'incidence sur la sécurité,
- Bétisier de la signalisation,
- Mise à priorité d'itinéraires, mesures avant et après, bilan économique,
- Actions d'information des tribunaux, de la presse et de la collectivité en ce qui concerne la nocivité d'une signalisation surabondante et mal adaptée,
- Possibilité de réaliser une signalisation souche.

b) Signalisation au sol :

- Recueillir les statistiques avant et après l'expérience de marquage horizontal sur la R. N. 10.
- Envisager une expérience analogue sur 2 000 kms.

c) Obstacles en bord de chaussée :

- Exploitation des statistiques accidents pour en extraire les accidents avec choc sur obstacles fixe. Enquête pour s'assurer des caractéristiques des routes sur lesquelles l'expérience serait faite. 3 000 kms pour expérience significative.
- Synthèse des études faites sur les accidents aggravés par la présence d'obstacles aux abords de la chaussée et en particulier par la présence des arbres.

d) Dispositifs de sauvegarde :

- Recherche de l'efficacité des glissières en fonction de l'accotement sur lequel elles sont implantées,
- Examen de l'implantation des glissières de sécurité sur toutes les autoroutes,
- Recherches sur la méthode à utiliser pour faire une étude coût-efficacité sur les glissières de sécurité.

e) Rénovation d'itinéraire :

- Mise en place d'une structure de collecte de statistiques "avant".

f) Amélioration de l'esthétique et de l'éclairage des routes :

- Recherche du nombre de points à éclairer pour avoir une expérience significative en accidents avec mesures avant et après.
- Exploitation de l'étude éclairage de la Direction des Routes.

332 - Exploitation du réseau du point de vue de la sécurité

3321 - Entretien de l'état des chaussées

- Recherche d'une corrélation entre la sécurité et la qualité de la couche de roulement.
- Recherche d'une corrélation entre la politique d'entretien des D. D. E. et le nombre d'accidents dans lesquels est impliquée la puissance publique.

3322 - Organisation de la circulation

- Recherche du pourcentage d'accidents provenant de sorties de garages particuliers ou de voies secondaires débouchant sur le trafic principal en zone suburbaine,

- Examen de l'application à d'autres nationales du cas de Trappes (centre-allée),
- Examen de généralisation des opérations Primevère,
- Recherche, pour le maximum de liaison, d'itinéraires de remplacement - Expérience de séparation des trafics poids lourds et voitures de tourisme,
- Rentabilité des installations de feux du point de vue de la sécurité.

IV - PROPOSITIONS D'ACTION

P L A N

41 - LUTTE CONTRE LA GLISSANCE HIVERNALE

- 411 - Environnement de la viabilité hivernale,
- 412 - Solution technique proposée par la Direction des Routes,
- 413 - Coût de l'opération
- 414 - Avantages obtenus.
- 415 - Bilan global.
- 416 - Incidence budgétaire.

42 - EXPERIENCE DE SIGNALISATION HORIZONTALE

- 421 - Définition de l'opération,
 - 422 - Exploitation statistique ,
 - 423 - Proposition d'élargissement de l'expérience
-

41 - LUTTE CONTRE LA GLISSANCE HIVERNALE

411 - Environnement de la viabilité hivernale

4111 - Evolution des accidents et des victimes

Outre les statistiques annuelles d'accidents, en fonction de l'état de la chaussée (tableau I en annexe), nous possédons le nombre d'accidents corporels et de victimes de la circulation routière, soit les chiffres de 1963 à 1968 :

Année	Nombre d'accidents	Nombre de victimes		
		Tués	Blessés	Total
1963	176 275	10 027	240 954	
1964	192 999	11 105	264 075	
1965	210 754	12 150	290 256	302 406
1966	209 906	12 158	290 109	302 267
1967	215 470	12 926	302 015	314 941
		13 585 (6 jours)		
1968	226 598	14 284	317 868	342 152
		(6 jours)		

Taux de tués et de blessés par accidents corporels :

	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Tués	0,057	0,057	0,057	0,058	0,060	0,063
Blessés	1,366	1,368	1,377	1,382	1,401	1,402

...

A l'occasion d'une étude de l'O. N. S. E. R. effectuée en 1963 sur le coût des accidents de la route pour l'ensemble du pays, les statistiques ont permis d'aboutir à une moyenne par accident qui se situait à F 28 000 lorsque l'accident se produisait hors agglomération ; pour l'accident qui survenait sur du verglas, le coût moyen atteignait F 32 700, soit 12 % de plus. Pourquoi ? Parce que, en cas de verglas, l'accident est plus soudain, qu'il saisit le conducteur au moment où il est le moins apte à réagir efficacement et enfin, parce qu'il n'existe que fort peu de moyens d'agir sur un véhicule dont la trajectoire est perturbée par le verglas.

Compte tenu de ces conclusions et des tableaux ci-dessus, on peut obtenir les taux de tués et de blessés par accident corporel dû à la glissance hivernale :

: Année :	1963	: 1964 :	1965 :	1966 :	1967 :
: Tués :	$0,057 \times 1,12 = 0,064$	: 0,064 :	0,064 :	0,065 :	0,067 :
: Blessés :	$1,366 \times 1,12 = 1,530$	: 1,532 :	1,542 :	1,548 :	1,569 :

Les nombres de morts et de blessés pour les années 1963, 1964, 1965, 1966, calculés à partir du tableau numéro 1, sont donnés par le tableau ci-dessous :

: 1963 :	1964 :	1965 :	1966 :
: Accidents corporels :	7 650 :	4 143 :	3 938 :
: Morts :	489 :	265 :	252 :
: Blessés :	11 704 :	6 347 :	6 072 :

...

4112 - Evolution des moyens mis en oeuvre par la Direction des Route et de la Circulation Routière, et les Collectivités Locales

Il est possible d'estimer l'évolution des crédits affectés annuellement à la lutte contre la neige et le verglas :

Crédits (en millions de francs)						
Année	R.N.	Autoroutes	Départementales et communales	Villes	Total	
1963	15	1	14	0	30	
1964					35	
1965					45	
1966	25	2	26	2	55	
1967	35	3	30	2	70	
1968					75	
1969					80	

412 - Solutions techniques proposées par le S. E. T. R. A.

La Division "des Chaussées, des terrassements et de l'entretien" du S. E. T. R. A. met au point un modèle d'organisation de la viabilité hivernale en fonction du climat et du trafic.

La combinaison de ces deux paramètres a entraîné la séparation de 5 niveaux de services qui se distinguent par leur fiabilité et par les moyens en personnel et en matériel mis en oeuvre pour les assumer.

4121 - Division géographique des zones climatiques

a) Des renseignements obtenus auprès de la Météorologie Nationale ont permis de distinguer 14 zones auxquelles ont été affectés un nombre de jours moyens annuels de neige et de verglas. Ces zones sont définies par le tableau numéro II. Dans chacune de ces zones, le kilométrage des routes nationales est indiqué.

Dans ce tableau, le nombre de jours de verglas correspond au nombre de jours pour lesquels les conditions climatiques et atmosphériques étaient propices au verglas ; cela ne signifie pas que le verglas se soit produit sur la chaussée, celle-ci étant un réservoir calorifique important.

b) L'étude du S. E. T. R. A. sur l'hiver 1967/1968, actuellement en cours, doit permettre une précision plus fine des zones climatiques du fait de la prise en compte d'altitudes différentes pour les routes concernées. La première exploitation a permis de distinguer les six zones suivantes (voir tableau III).

c) Afin de pouvoir utiliser les indications de trafic du "recensement de la circulation en 1965, les différentes zones climatiques déterminées précédemment ont été regroupées en quatre zones :

- Clémento,
- Peu rigoureuse,
- Assez rigoureuse,
- Rigoureuse et très rigoureuse,

correspondant au nombre de jours moyens de neige ou de verglas respectivement égaux à cinq jours, vingt jours, quarante jours et soixante-dix jours. Ces chiffres représentent le nombre de jours où une apparition de neige ou de verglas est constatée sur les chaussées non traitées. Ces zones sont composées chacune d'un nombre entier de régions de programme. Elles sont définies dans le tableau IV.

A l'intérieur de ces quatre zones climatiques, nous avons recherché le nombre de kilomètres de routes nationales et de routes départementales concernées par la viabilité hivernale selon le trafic et le niveau de service. Les résultats font l'objet du tableau VI.

4122 - Définition des qualités de service

Le tableau V est l'expression de l'affectation des qualités de service offertes à chaque niveau en fonction des paramètres de climat, trafic et catégories de voies.

Une organisation, même théoriquement idéale, ne supprimerait pas la totalité des inconvénients recensés comme étant dus à la neige et au verglas.

En 1958, lors de la mise en place d'un service de viabilité hivernale en République Fédérale Allemande, des mesures d'accidents avant-après ont été effectuées.

...

Sur l'autoroute Augsburg-Ulm, les accidents dus à la neige et au verglas représentaient, avant traitement, 25 % des accidents se produisant en hiver. Ce pourcentage descendait à 2.9 % immédiatement après le traitement, pour se stabiliser à 9 % par la suite. On conçoit qu'après la période de mise en place, les usagers se sont habitués à la nouvelle situation et ont augmenté leur vitesse.

En Westphalie du Nord, après introduction du traitement hivernal aux fondants chimiques, les chiffres d'accidents ont été les suivants :

- Accidents dus à la glissance hivernale ... 2 303
- Accidents d'hiver 22 000
- Accidents corporels 87 000

Si l'on suppose qu'avant le traitement le pourcentage d'accidents dus à la neige et au verglas était celui observé sur l'autoroute Augsburg-Ulm, soit 25 %, il y avait 5 500 accidents ; le nombre d'accidents a donc diminué de 3 200, soit une efficacité du traitement de :

$$\frac{3\ 200}{5\ 500} = 60\ %$$

Il est raisonnable de penser que depuis 1958, les techniques se sont améliorées et que l'on peut attendre une efficacité supérieure du traitement que le S. E. T. R. A. propose.

La prise en compte du niveau de services différant par les moyens en matériel et en personnels mobilisés, entraîne une efficacité globale différente pour chacun de ces niveaux.

M. Rolland a dressé le tableau suivant :

. Pour un même climat	:	S ₁	:	S ₂	:	S ₃	:	S ₄	:	S ₅	:
selon les niveaux de service	:	S ₁	:	S ₂	:	S ₃	:	S ₄	:	S ₅	:
. Les délais d'intervention sont	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
sensiblement proportionnels à	:	1	:	2	:	4	:	6	:	:	:
. L'efficacité globale de la	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
lutte contre le verglas atteint:	:	90 à	:	80 à	:	65 à	:	50 à	:	30 à	:
en moyenne	:	95 %	:	90 %	:	80 %	:	65 %	:	50 %	:
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

A partir du nombre de kilomètres de routes concernées par chaque niveau de service (tableau VI) et de leur catégories de trafic (tableau V), on peut déterminer approximativement le trafic journalier concerné par chaque niveau de service, en multipliant par le nombre moyen de jours de neige et de verglas dans chaque région ou déterminer le trafic concerné par la viabilité hivernale.

Compte tenu des efficacités ci-dessus proposées par le S. E. T. R. A. pour chaque niveau de service, on aboutit à une efficacité moyenne de 70 à 75 % (les calculs intermédiaires approximatifs font l'objet du tableau VII).

On peut exprimer cette efficacité en considérant que ce pourcentage permet de définir un nombre de jours où le traitement est efficace. Cela signifie, par exemple, qu'en climat peu rigoureux, soit 20 jours de neige ou de verglas, le trafic sera augmenté de 20 % pour 14 jours.

Les jours pendant lesquels les avantages doivent être comptabilisés sont donc, pour les zones I, II, III et IV respectivement égaux à 3,5 ; 14 ; 28 et 49.

413 - Coût de l'opération

Le S. E. T. R. A. a fait une estimation du coût par kilomètre et par an, selon la zone climatique et le niveau de service retenus :

Zône	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
CLEMENT	600				100
PEU RIGOREUX	900	700	500	350	200
ASSEZ RIGOREUX	1 500	1 100	700	500	350
RIGOREUX	4 000	2 500	1 700	1 100	700

Ces coûts de fonctionnement pour 1970 comprennent l'amortissement des matériels fixes et roulants.

Le croisement de ces chiffres avec ceux des tableaux VI (Routes Nationales et Routes Départementales) permet d'obtenir le coût global de fonctionnement d'un service hivernal adapté aux conditions de climat et de circulation. Les détails de calcul sont exprimés dans le tableau VIII.

Le coût global de fonctionnement de ce traitement est de F 116 000 000 dont :

- Réseau national ; 49 millions,
- Routes départementales : 67 millions.

414 - Calcul des avantages obtenus

Pour cette étude, les données ont été recueillies sur des années différentes : accidents en 1966, trafic en 1965, coût en 1970, baisse de trafic en hiver 1966-1967.

Dans l'analyse coût-avantage que nous entreprenons, nous avons rapporté tous les chiffres à l'année 1966 :

$$\text{- trafic en 1966} = \text{trafic en 1965} \times 8 \%$$

$$\text{- coût en 1966} = \frac{\text{coût en 1970}}{(1 + 0,1)^4} \text{ soit 80 millions}$$

4141 - Avantages sécurité

Nous admettrons que l'efficacité moyenne précédemment calculée est applicable aux accidents ; c'est-à-dire que lorsque le traitement est appliqué, il réduit les accidents à 25 % de ce qu'ils seraient sans traitement. Cette réduction se produit proportionnellement aux crédits qui y sont consacrés, avec une limite pour 80 millions.

- Soit A le nombre d'accidents qui se seraient produits en 1966 si il n'y avait eu aucun traitement hivernal des routes. Posons $A = A_1 + A_2$

- En fait, 55 millions ont été consacrés à la lutte contre la glissance hivernale et il y a eu 2 976 accidents, soit (1) $2\,976 = A_1 + a_2$ avec $a_2 = \frac{25}{100} A_2$

- Nous disons que si 80 millions avaient été consacrés à la viabilité hivernale, il y aurait eu $A \times \frac{25}{100}$ accidents, l'action des 25 millions supplémentaires aurait porté sur A_1 , soit :

$$\frac{A_1}{25} = \frac{A_2}{55} = \frac{A}{80} \text{ on reportant dans (1), on obtient :}$$

$$2\,976 = \frac{25}{80} A + \frac{25}{100} \times \frac{55}{80} A$$

$$A = 6\,144$$

- Avec le traitement proposé, ce chiffre serait ramené à 25 %, soit à 1 536 accidents, ce qui représente 1 440 accidents corporels de moins que ceux qui se sont produits réellement en 1966, donc une réduction de :

$$- 1\,440 \times 1,548 = 2\,229 \text{ blessés,}$$

$$- 1\,440 \times 0,065 = 94 \text{ morts.}$$

...

Gain de sécurité :

1° Accidents corporels :

94 x 230 000	=	21 620 000	francs
2 229 x 10 000	=	22 290 000	"
1 440 x 3 500	=	5 040 000	"
		<u>48 950 000</u>	"

2° Accidents matériels :

On estime à 70 % du coût des accidents corporels le coût des accidents dans lesquels il n'y a ni tués, ni blessé, ce qui fait : 34 265 000 francs.

3° Gain total :

83 215 000 francs

Il faut remarquer que le traitement proposé entraîne une augmentation du trafic et, par conséquent, une augmentation des accidents ; ceci est pris en compte dans le chapitre suivant.

4142 - Avantages circulation

Afin de déterminer la circulation dans les différentes zones climatiques, nous avons exploité les tableaux du recensement de la circulation en 1965. De 1965 à 1966, le volume de la circulation a progressé de 8,1 %. Pour que tous nos calculs soient effectués à partir de la même année, nous avons majoré les trafics de 8,1 %. Les tableaux exploités indiquent les parcours journaliers moyens par région ; or les indices des variations saisonnières de circulation permettent d'estimer à 80 % de la moyenne journalière annuelle le trafic des mois de novembre, décembre, janvier, février. D'autre part, les comptages effectués par le S. E. T. R. A. (ex SERC) ont permis d'évaluer à 20 % la baisse de trafic par jour de neige et de verglas. (il faut bien remarquer que ces statistiques de trafic sont établies sur un réseau déjà partiellement traité en viabilité hivernale, puisque pour l'année prise en compte, 55 millions y ont été consacrés).

Par jour de neige ou de verglas, le trafic à prendre en compte est donc égal à :

$$T = J \times \frac{30}{100} \times \frac{80}{100}$$

J étant le parcours journalier moyen dans la région considérée en 1966.

Le trafic général a été décomposé en trafic véhicules légers et trafic poids lourds correspondant respectivement à 85 % et 15 % du total.

1° Gain de temps :

On estime actuellement à 30 % en moyenne, la perte de vitesse consécutive à une circulation par temps de neige ou de verglas.

Il en résulte pour les véhicules légers une baisse de 65 km/h à 45 km/h, soit une perte de 24 secondes par kilomètre. Pour les véhicules lourds, une baisse de 45 km/h à 30 km/h, soit 40 secondes par kilomètre. En prenant pour valeur du temps de l'usager 11 francs de l'heure pour les véhicules légers, et 20 francs de l'heure pour les véhicules lourds, on obtient par les formules suivantes, la perte occasionnée par la baisse de vitesse, J étant le nombre de véhicules/km en moyenne par jour en 1966 :

. Véhicules lourds :

$$G1 = J \times \frac{80}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{15}{100} \times \frac{40}{3600} \times 20 = \frac{21,3 J}{1000}$$

. Véhicules légers :

$$G2 = J \times \frac{80}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{85}{100} \times \frac{24}{3600} \times 11 = \frac{45 J}{1000}$$

L'application de ces formules s'exprime dans le tableau IX. Pour obtenir une perte annuelle correspondant à la baisse de vitesse, il suffit de multiplier par le nombre de jours moyens de neige et de verglas suivant les zones.

On obtient alors un gain pour l'ensemble du territoire de G = 208 millions.

2° Gain pour le trafic "induit" :

Le fait que 20 % des véhicules circuleront en plus des précédents lorsque la neige et le verglas seront supprimés, tend à prouver que la perte occasionnée par la baisse de vitesse était précédemment trop forte pour les usagers. Nous estimerons à 50 % le gain qu'ils obtiennent en circulant. Etant donné qu'en nombre ils représentent le 1/4 des précédents, le gain G sera égal à 1/8 G = 26 millions, soit un total de 234 millions.

...

3° Coût des accidents dus au trafic induit (réseau national)

Numéro de la zone	I	II	III	IV
Trafic journalier moyen (J)	72.10 ⁶	29.10 ⁶	41.10 ⁶	28.10 ⁶
Nombre de jours de neige ou verglas (n)	3,5	14	28	49
Trafic concerné (T)	252.10 ⁶	406.10 ⁶	738.10 ⁶	1 372.10 ⁶
T = J x n x 80/100				

Trafic total en 1966 : $T = 2\,215.10^6$ véh x km

Trafic induit : $2\,215 \times \frac{20}{100} = 443 \times 10^6$

Nombre d'accidents dus au trafic induit :

$$443 \times 10^6 \times \frac{145}{10^8} = 642$$

Coût de ces accidents :

$$\frac{83.215\,000}{1\,440} \times 642 = 37\,100\,000$$

4143 - Calcul des taxes afférentes au carburant

On peut considérer que les 20 % de véhicules qui ne roulent pas à cause du verglas sont la cause d'une perte de rentrées budgétaires du fait de la non consommation de carburant. En prenant pour les véhicules légers une consommation de 0,09 litre par kilomètre et 0,72 francs de taxe par litre, et pour les véhicules lourds une consommation de 0,29 litre par kilomètre et 0,41 francs de taxe par litre, on obtient une perte sur les taxes de :

. Véhicules légers :

$$P_l = J \times 0,80 \times 0,80 \times 0,20 \times 0,65 \times 0,09 \times 0,72 = J \times 0,0069$$

. Véhicules lourds :

$$J \times 0,80 \times 0,20 \times 0,15 \times 0,29 \times 0,41 = J \times 0,00224$$

...

L'application de ces formules fait l'objet du tableau X, le gain correspondant à l'ensemble du trafic est de F 29 400 000.

Hormis le bénéfice de l'opération du point de vue de la sécurité, les autres avantages ont été calculés à partir du trafic sur le réseau national.

Il reste à prendre en compte le réseau départemental sur lequel, d'après les plus récentes études du S. E. T. R. A. (ex SERC), le trafic représente 45 % du précédent. Compte tenu du fait que sur les 280 000 km de voies départementales le traitement envisagé est prévu sur les 145 000 kilomètres les plus circulés on peut estimer les bénéfices en temps et les taxes sur le réseau départemental à 30 % des avantages précédemment calculés,

soit :

- Avantages dus au temps gagné F 62 370 000
- Rentrées budgétaires (taxe sur essence) F 7 820 000

Coût des accidents supplémentaires dus au trafic induit sur le réseau départemental : F 11 130 000.

415 - Bilan global de l'opération

1° Coût de l'opération :

80 000 000 - 55 000 000 = 25 000 000

2° Avantages

. gain de sécurité : 83 215 000
 . pertes dues au trafic induit :
 réseau national 37 100 000
 réseau départemental 11 130 000

 48 230 000

- Gain global de sécurité 34 985 000

- Gain de temps :

réseau national 207 900 000
 réseau départemental 62 370 000

 270 270 000 270 270 000

- Total des avantages obtenus 305 255 000

3° Reentrées budgétaires (taxes sur les carburants)

réseau national	29 400 000
réseau départemental	7 820 000

Total	<u>37 220 000</u>

416 - Incidence budgétaire

En dehors du bilan économique de cette opération, la mise en place et l'organisation de cette lutte contre la neige et le verglas nécessite un investissement de démarrage important. En effet, le S. E. T. R. A. estime à 60 millions se décomposant en 30 millions d'installations fixes (radio, détecteurs de verglas, logements, hangars, abris à sels ...) et 30 millions de matériel roulant (salleuses automatiques, robo-déneigeur, appareil rotatif...) les investissements qui, compte tenu des retards des Ponts et Chaussées dans ce domaine, sont nécessaires à la mise en place du traitement proposé en 1970. En prenant un amortissement sur 6 ans (soit 14 millions par an au taux de 10 %), nous obtenons, à partir du coût de 116 million pris en compte précédemment, un coût de fonctionnement approximativement égal à 100 millions pour 1970.

Les crédits supplémentaires à inscrire au budget de 1970 sont donc :

- Investissement en matériel : 60 millions,
- Crédits de fonctionnement : 20 millions.

42 - MARQUAGE HORIZONTAL

A l'initiative de la Direction des Routes et de la Circulation Routière, une expérience de traitement complet d'un itinéraire est actuellement en cours de réalisation.

421 - Définition de l'opération

4211 - Environnement

L'axe retenu est la R. N. 10 entre TRAPPES et TOURS, soit 200 kilomètres environ. Les caractéristiques de la route sont indiquées dans le tableau XI joint en annexe. La mise en place qui s'effectue sous la responsabilité du B. R. C. R. de Tours et du S. E. T. R. A. doit être achevée dans le courant du mois de mai 1969.

4212 - Traitement

S'appuyant sur des études particulières réalisées en France et à l'Etranger, le S. E. T. R. A. profite de cette expérience pour essayer de tester l'efficacité de modules différents (largeur, espacement...) pour les bandes blanches et jaunes.

a) Guidage optique des véhicules :

- Marquage latéral : bandes blanches de part et d'autre de la chaussée :

- . Discontinues sur 26 km. entre Château-Renault et Vendôme,
- . Continues sur le reste du parcours.

- Délimitation des voies à l'aide de bandes jaunes discontinues.

b) Signalisation :

- Pose de bandes jaunes continues

c) Le coût global de l'opération est de 1,20 million de francs. La durée de vie du marquage est estimée à 2 ans.

422 - Exploitation statistiques

Nous pouvons connaître, par l'intermédiaire des relevés d'accidents par sections, pour les années 1965 - 1966, les accidents qui se sont produits sur la R. N. 10. Cela fait l'objet du tableau numéro XII.

Deux problèmes importants vont se poser lors de l'interprétation des résultats :

- Définition d'une base de référence,
- Signification des chiffres obtenus.

...

4221 - Définition d'une base de référence

Le principe fondamental de l'expérience est d'admettre que les accidents peuvent être rattachés à des causes définies et de rechercher la corrélation avec une de ces causes.

S'il est possible de réunir les statistiques d'accidents sur la R. N. 10 depuis plusieurs années, il sera très difficile de prendre en compte les modifications de l'environnement. En effet, chaque année est axe fait l'objet de travaux, notamment de modifications de largeur, d'aménagements de carrefours et de renouvellement de la couche de surface.

On peut espérer que la D. R. C. R., consciente de ces difficultés, saura trouver le moyen d'y remédier.

4222 - Rentabilité de l'opération (accidents hors agglomération)

Coût moyen de l'accidents corporel sur le tronçon en cause :

$$C = \frac{85 \times 230\ 000 + 10\ 000 \times 1\ 623 + 3\ 500 \times 618}{618} + 70 \text{ ¢}$$

soit de l'ordre de F 100 000.

En prenant en compte, pour 200 km, une dépense de 1,20 MF pour un investissement d'une durée de vie de 2 ans, nous devons obtenir un bénéfice de l'ordre de MF 0,70 en économie d'accident, soit :

$$\frac{0,70}{0,100} = 7 \text{ accidents par an, pour que l'opération soit rentable.}$$

Ce chiffre correspond à une efficacité de l'opération égale à :

$$\frac{7}{618} = 1,1 \text{ ¢}$$

4223 - Signification des chiffres obtenus

Nous admettons que la loi qui régit les accidents est une loi de POISSON et que lorsque la moyenne d'accidents est grande, cette loi est pratiquement confondue avec une loi normale. A cette dernière s'applique la particularité de la loi de POISSON, d'avoir un écart type égal à la racine carrée de la moyenne. Ce raisonnement, valable sur les accidents, l'est sur les tués et sur les blessés si l'on admet une gravité constante avant et après le traitement.

Soit les moyennes des accidents recensés hors agglomération en 1965 et 1966, sur Trappes-Tours, et les écarts-types correspondant à ces divers échantillons :

	Moyenne m		Ecart-type σ
- Accidents	618	:	25
- Morts	85	:	9,2
- Blessés	1 123	:	33,3

La loi régissant les accidents étant normale pour ces valeurs de la moyenne, il est possible d'avancer qu'il y a 95 % de chance pour que le chiffre d'accidents relevé soit situé dans l'intervalle $m + 2 \sigma$, $m - 2 \sigma$, soit sous une autre forme : si les chiffres d'accidents constatés après le traitement sortent des intervalles de confiance ci-dessous déterminés, il y a 95 % de chance pour que cette diminution soit due au traitement. Il faut donc, pour que cette expérience soit significative, que la baisse d'accidents enregistrée après le traitement soit supérieure aux intervalles de confiance ci-dessous :

	Moyenne	Intervalles de confiance	Efficacité correspondante
Accidents	618	100	$\frac{100}{618} = 16 \%$
Morts	85	37	$\frac{37}{87} = 42 \%$
Blessés	1 123	133	$\frac{133}{1 123} = 12 \%$

Ce qui correspond à une efficacité de l'opération, ci-dessus définie, nettement supérieure à l'efficacité nécessaire pour assurer la rentabilité du traitement.

423 - Proposition d'élargissement de l'expérience

4231 - Détermination d'un "seuil de signification"

Etant donné la très grande rentabilité d'un tel traitement, le problème important consiste à déterminer le nombre de kilomètres sur lesquels doit porter l'expérience pour qu'une effica-

cité de 10 % (que l'on peut raisonnablement espérer) soit mise en évidence sur le nombre de tués.

Si l'on choisit un itinéraire possédant un trafic et des caractéristiques homogènes, on peut considérer le nombre de morts comme proportionnel au nombre de kilomètres.

Sur 196 km, il y a eu 170 morts en deux ans. Sur $N \times 196$ km, il y aurait eu $N \times 170$.

Dire que sur ce dernier kilométrage, un traitement est efficace à 10 %, c'est, si l'on appelle T le nombre d'accidents évités grâce au traitement, dire que :

$$\frac{T}{N \times 170} = \frac{10}{100}$$

Pour que l'expérience soit significative, une condition nécessaire est que le nombre de tués T évités soit supérieur à l'intervalle de confiance des mesures, soit : $T > 4 \sqrt{170 \times N}$.

Ces deux conditions signifient :

$$\frac{4 \sqrt{170 \times N}}{N \times 170} = \frac{10}{100} \text{ soit } N = 9,5$$

Donc, pour mettre en évidence un traitement dont l'efficacité serait de 10 % sur le nombre de morts se produisant sur un tronçon routier de caractéristiques semblables à la RN 20 entre Trappes et Tours, il faut que ce tronçon soit d'une longueur de 1 900 kilomètres, les mesures étant effectuées pendant deux années.

4 232 - Signification des résultats prévisibles

Nous posons comme hypothèses qu'une opération de marquage horizontal est entreprise sur 1 900 km de routes dont les caractéristiques sont semblables à la RN 20 entre Trappes et Tours. L'efficacité globale de cette opération est estimée à 10 % et son coût à 11,5 millions de francs.

Nous pouvons dresser le tableau suivant :

	Prévisibles sans traitement	Evités avec une effica- cité de 10 %	Intervalle de confiance	Efficacité corres- pondante
Accidents	11 700	1 170	432	3,7 %
Tués ...	1 620	162	162	10, - %
Blessés	21 400	2 140	584	2,7 %

Ceci nous montre que si nous avons été trop optimiste en ce qui concerne l'efficacité de l'opération proposée, il sera possible de mettre en évidence l'influence du marquage en ce qui concerne les accidents et les blessés, jusqu'à une efficacité respectivement égale à 3,7 % et 2,7 %.

CONCLUSION

Il est significatif de constater qu'il n'y a que deux propositions d'action et qu'elles portent sur le réseau existant. Nous connaissons très mal les relations entre les caractéristiques routières et la sécurité, c'est pourquoi de nombreuses recherches sont proposées, notamment en ce qui concerne les "points noirs" et l'aménagement linéaire des routes. On peut admettre que les nouvelles infrastructures prennent en considération la sécurité, mais un travail important reste à faire pour adapter les structures existantes aux nouvelles caractéristiques du couple usager-véhicule.
