

# LE SERVICE HIVERNAL ET LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Mikko Malmivuo, Otto Kärki, Tapani Mäkinen  
Centre national finlandais de recherche technique (VTT)  
Lämpömiehenkuja 2 C, 02150 Espoo, Finlande  
TÉL. +358-9-456 5978/ FAX +358-9-464 850

## 1. Introduction

Cette étude a eu pour objet d'analyser la sécurité routière en Finlande au regard du service hivernal d'entretien du réseau routier. Il s'agissait de mettre à jour les données des grandes études existantes sur la sécurité routière, tout en s'intéressant, à partir de perspectives nouvelles, au lien qui existe entre le service hivernal et la sécurité routière. L'étude comporte cinq sections :

- Une analyse statistique d'ensemble des accidents survenus en hiver
- Une étude approfondie portant sur les accidents mortels dus à une collision frontale ou à une sortie de route dans des conditions hivernales de conduite
- Une analyse de la sécurité fondée sur la classification des routes en fonction des niveaux de service hivernal
- Une étude portant sur les possibilités d'améliorer le contrôle de l'état des routes
- Un bilan des études sur les effets de l'état de la chaussée et du service hivernal sur le comportement du conducteur

Le présent rapport décrit les résultats qui présentent un intérêt particulier au niveau international. Cette étude révèle le caractère ambigu de l'impact du service hivernal et de l'état hivernal de la chaussée, qui n'ont pas forcément les effets communément attendus sur la sécurité routière.

## 2. La Sécurité Routière En Finlande En Période Hivernale

En Finlande, on se prépare à la sécurité routière hivernale de principalement trois manières :

1. Les véhicules de tourisme et les camionnettes doivent être munis de pneus d'hiver au plus tard à partir de début décembre et au moins jusqu'à la fin février.
2. De début octobre à la fin mars, la vitesse maximale autorisée passe de 120 km/h à 100 km/h (75 miles/h -> 62 miles/h) sur les autoroutes et de 100 km/h à 80 km/h (62 miles/h -> 50 miles/h) sur pratiquement toutes les routes de la catégorie 1.
3. Les interventions des équipes de service (déblaiement de la neige, salage et sablage) sont fonction du niveau de service auquel la route appartient.

Bien que le risque d'accident soit bien plus élevé sur les routes aux caractéristiques hivernales que sur les routes aux caractéristiques estivales, le risque d'accidents corporels et mortels, en Finlande, est identique en période hivernale (octobre – mars) et en période estivale (avril – septembre) (tableau 1). Cela s'explique par le fait que, même en hiver, les routes ont bien souvent les caractéristiques des routes d'été: sèches, dépourvues de neige et de verglas. Et le degré de risque sur ces routes d'hiver aux caractéristiques estivales est en fait bien moins élevé que sur les routes véritablement d'été.

En termes de sécurité routière, la période 1996-99 semble avoir été plus favorable en Finlande que la période 1991-95, comme cela avait déjà été constaté dans une étude précédente [Malmivuo & Peltola 1997]. Il faut aussi noter que le risque d'accidents uniquement matériels est bien plus élevé en hiver qu'en été, une vitesse réduite et l'effet amortisseur de la neige permettant de limiter les dommages aux seuls véhicules.

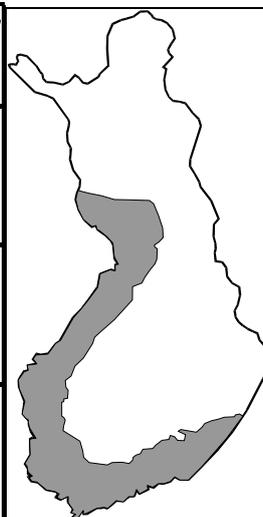
**Tableau 1. Risque d'accidents, accidents corporels et de personnes tuées selon différentes catégories ADT (ADT = Average Daily Traffic / Trafic journalier moyen) sur la période 1996-99 et par rapport à la période 1991-95 (risque = nombre d'accidents ou de personnes tuées / 100 millions de véhicules / km). Par "période hivernale" et "période estivale", on entend respectivement les mois d'octobre à mars et d'avril à septembre.**

Risque de	Période hivernale 1996-99	Période hivernale 1991-95	Période estivale 1996-99	Période estivale 1991-95
<b>Tous types d'accidents</b>				
trafic journalier < 1500 véh.	66,8	71,2	50,5	55,5
trafic journalier 1500 -6000	63,6	64,9	44,1	46
trafic journalier > 6000	37,9	33,8	27,6	24,4
<b>Tous</b>	54,9	56,4	39,7	41,5
<b>Accidents corporels</b>				
trafic journalier < 1500 véh.	12,6	14,6	14,7	16,7
trafic journalier 1500 -6000	12,3	14,8	12,4	13,9
trafic journalier > 6000	9,5	11,7	7,9	9
<b>Tous</b>	<b>11,3</b>	13,7	<b>11,3</b>	13,1
<b>Personnes tuées</b>				
trafic journalier < 1500 véh.	1,1	1,4	1,3	1,5
trafic journalier 1500 -6000	1,3	1,8	1,2	1,5
trafic journalier > 6000	0,9	1,1	0,9	0,8
<b>Tous</b>	<b>1,1</b>	1,4	<b>1,1</b>	1,3

Des études précédentes ont montré qu'une route qui revêt subitement des caractéristiques hivernales s'avère bien plus dangereuse qu'une route dont la chaussée est recouverte de verglas et de neige régulièrement et durablement [Brüde & Larsson 1980]. Cette situation est particulièrement vraie dans les zones littorales de la Finlande où les fluctuations de température autour de zéro degré sont plus fréquentes que dans les régions centrales et créent une couche de neige et de glace moins homogène, sujette aux changements imprévisibles susceptibles de surprendre le conducteur. Comme l'indique le tableau 2, le risque d'accidents corporels et le risque de personnes tuées se sont avérés sur la période précédente (1991-95) exceptionnellement élevés en hiver, particulièrement sur les routes à fort trafic (trafic journalier supérieur à 6000 véhicules).

**Tableau 2. Les risques d'accidents en hiver par rapport aux risques d'accidents en été dans les régions du littoral et dans les régions du centre dans les différentes catégories ADT (ADT = Average Daily Traffic / Trafic journalier moyen) sur la période 1996-99 par rapport à la période 1991-95. La zone grise correspond à la zone de littoral.**

	1996-99 Risque hivernal/ risque estival		1991-95 Risque hivernal/ risque estival	
	Littoral	Intérieur	Littoral	Intérieur
<b>Tous types d'accidents</b>				
trafic journalier < 1500 véh.	1,33	1,31	1,26	1,29
trafic journalier 1500 -6000	1,45	1,43	1,42	1,40
trafic journalier > 6000	1,36	1,41	1,41	1,35
<b>Tous</b>	1,39	1,38	1,37	1,35
<b>Accidents corporels</b>				
trafic journalier < 1500 véh.	0,83	0,88	0,87	0,88
trafic journalier 1500 -6000	1,00	0,98	1,09	1,04
trafic journalier > 6000	<b>1,23</b>	1,12	<b>1,35</b>	1,17
<b>Tous</b>	1,02	0,97	1,09	1,00
<b>Personnes tuées</b>				
trafic journalier < 1500 véh.	0,78	0,89	0,85	0,95
trafic journalier 1500 -6000	1,21	0,93	1,22	1,23
trafic journalier > 6000	<b>1,02</b>	0,90	<b>1,56</b>	1,07
<b>Tous</b>	1,03	0,91	1,10	1,09



La comparaison du nombre d'accidents corporels journaliers en hiver et en été a permis de révéler un fait particulièrement intéressant. La figure 1 montre que les chiffres sont similaires au cours des deux saisons, ce qui peut paraître étrange à première vue. En hiver, les mauvaises conditions de la chaussée, avec leur lot de verglas et de neige, font largement parler d'elles en Finlande. Et pourtant, comme le montre la figure 1, ces journées glissantes ne relèvent pas le nombre d'accidents corporels par rapport à la période estivale. La comparaison été / hiver présentée à la figure 1, limitée aux seuls accidents matériels, correspondrait mieux à nos attentes.

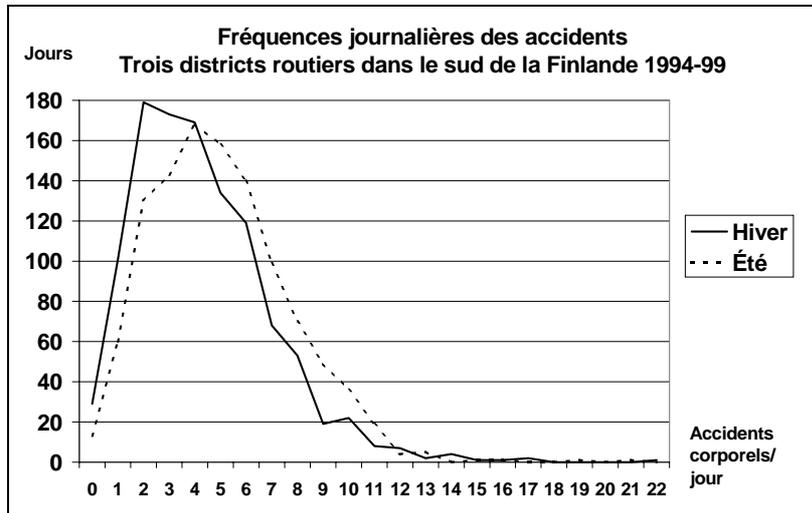


Figure 1. Comparaison des accidents corporels journaliers en période d'hiver (octobre - mars) et en période d'été (avril- septembre) dans trois districts routiers du sud de la Finlande au cours des années 1994-1999.

### 3. Les Niveaux De Service Hivernal

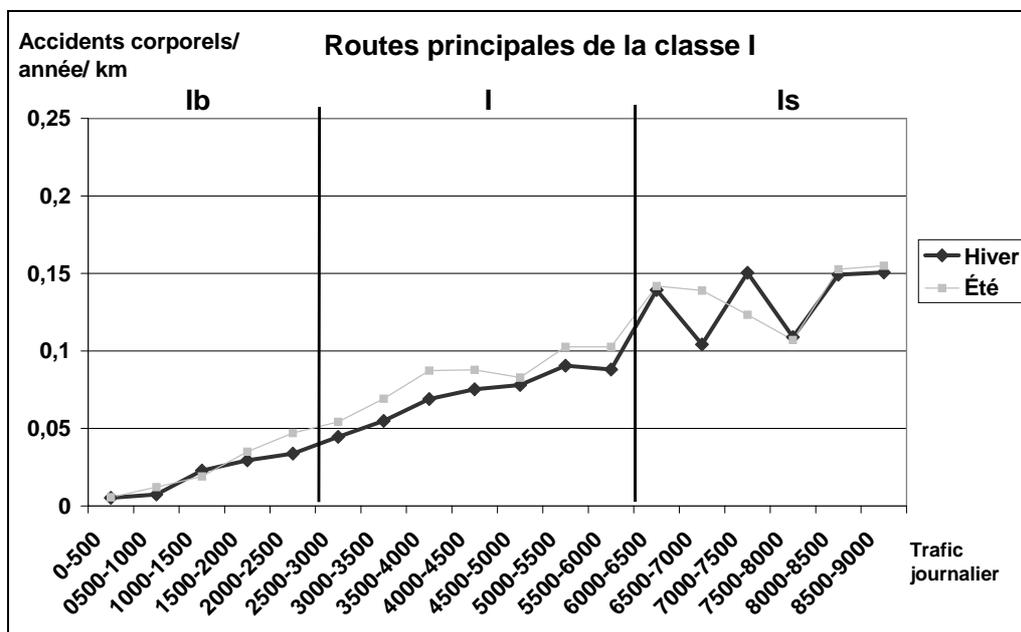
Le service hivernal en Finlande repose sur une classification en niveaux de service, fonction de la catégorie de la route et du volume de trafic (tableau 3) comme suit :

- Is – Déneigement systématique. Lors d'hivers très rigoureux, présence possible de verglas sur la chaussée
- I – Déneigement pratiquement complet, présence possible de langues de neige compacte entre les trajectoires des véhicules et les voies. Compromis la nuit.
- Ib – Chaussée enneigée durant une partie de l'hiver. Pratiquement pas d'épandage de sel.
- II – Pas de déneigement. Épandage de sel aux intersections et dans les côtes, et sur tout le réseau en cas de conditions critiques.
- III – Pas d'intervention de déneigement, salage seulement en cas de conditions extrêmes.

**Tableau 3. Classification des niveaux de service hivernal en Finlande en fonction de la classification routière et de l'importance du trafic routier**

Trafic journalier	Route principale Catégorie I	Route principale Catégorie II	Routes régionales	Voies de raccordement	Niveau de service
6000					Is
4000					I
3000					Ib
2000					Ib
1000					II
500					II
350					II
200					III

La sécurité hivernale des différents niveaux de service a été soigneusement contrôlée pour opérer les réajustements nécessaires dans la classification. La figure 2 compare la sécurité hivernale et estivale des routes bénéficiant d'un haut niveau de service. Il serait bien légitime d'attendre une amélioration du service hivernal sur les tronçons de route qui afficheraient une densité d'accidents bien plus élevée en hiver qu'en été. Or, comme le montre la figure 2, ce cas de figure n'existe pas sur les routes principales de classe I.



**Figure 2. Densité des accidents corporels en hiver et en été sur les routes principales de classe I par niveau de service. En Finlande, la période hivernale et la période estivale durent respectivement d'octobre à mars et d'avril à septembre. Les moyennes concernent la période 1994-99.**

#### **4. Caractéristiques Des Accidents Mortels Par Collision Frontale Et Par Sortie De Route Lors De Conditions Hivernales De Conduite**

En Finlande, les accidents de la route mortels font l'objet d'analyses particulièrement poussées par rapport aux accidents provoquant des blessures légères. Le Comité d'enquête des accidents mortels, composé d'experts des domaines médical et technique, mène un programme d'enquête détaillé qui répertorie de nombreuses données sur chaque cas d'accident mortel [Hantula 1992]. Il est par conséquent possible de ne sélectionner, à des fins de recherche, que les accidents provoqués en tout ou partie par l'état hivernal de la route.

Les données du Comité d'enquête des accidents mortels nous ont permis ici d'étudier en détail les deux grands types d'accident sur route d'hiver, à savoir les collisions frontales et les sorties de route, sur la période 1997-99. L'analyse des accidents provoqués, tout ou en partie, par un état hivernal de la route a permis de tirer les observations suivantes :

- 64% (collisions frontales) et 72% (sorties de route) des conducteurs responsables de l'accident conduisaient un véhicule équipé de pneus défectueux. La profondeur des sculptures des pneus était inférieure à la profondeur légale de 3 mm (1/8 pouce) sur près de 20% des véhicules.
- Entre 21% (collisions frontales) et 33% (sorties de route) des conducteurs responsables de l'accident étaient en excès de vitesse.
- Le port de la ceinture de sécurité aurait probablement épargné 34% des victimes de collisions frontales et 17% des victimes de sorties de route. (Le port de la ceinture de sécurité est obligatoire en Finlande, le non-respect de cette obligation est passible d'amende)

Toutes ces statistiques révèlent qu'une meilleure application de la loi est susceptible d'avoir sur la sécurité routière le même impact, voire un impact plus efficace, que le même investissement consacré à l'amélioration du service hivernal. Le frottement entre le pneu et la chaussée dépend à la fois de l'état de la route et de l'état du pneu.

La glace et la neige fondante étaient impliquées dans les accidents mortels sur route d'hiver dans respectivement 36% et 23% des cas (tableau 4). En terme de service hivernal, l'un des problèmes majeurs réside dans le fait que 47% des collisions mortelles surviennent durant les précipitations de neige (neige ou neige fondue). Toutes les équipes d'intervention du service hivernal sont alors généralement déjà à l'oeuvre et seuls des investissements en nouveaux équipements seraient susceptibles d'améliorer la situation. Un autre problème concerne le fait que les opérateurs du service hivernal ne peuvent que très difficilement intervenir sur les problèmes de visibilité dus aux précipitations.

Toutefois, certaines observations tirées des données du Comité d'enquête des accidents mortels indiquent qu'un meilleur service hivernal serait aussi à même d'améliorer la sécurité routière. Selon cette étude, l'état de la route à l'endroit de l'accident s'avérait exceptionnellement glissant dans 21% des collisions mortelles et dans 39% des sorties de routes dans des conditions hivernales de conduite. Dans ces cas, l'état glissant de la chaussée était généralement dû à des changements climatiques très localisés, par exemple l'arrivée d'air chaud ou froid maritime ou lacustre sur le littoral ou sur les ponts. L'opérateur devrait contrôler plus minutieusement ce type de changements microclimatiques. Les techniques de contrôle de l'état des routes représentent un secteur à grand potentiel de développement.

#### **5. Problèmes Liés Au Contrôle De L'état Des Routes**

En Finlande, le contrôle de l'état des routes est assuré par un réseau de stations météorologiques. 273 stations météo jalonnent tous les 30 km (19 miles) en moyenne les routes principales. Ces stations effectuent des relevés de température de l'air et de la chaussée, de l'humidité, des précipitations, de la conductivité de la chaussée (indiquant la quantité de sel) etc. Malheureusement, il n'y a pas de détecteur qui puisse directement identifier l'état glissant de la chaussée et la procédure

aujourd'hui utilisée des capteurs individuels n'est guère infaillible. L'observation de l'état des routes ne doit donc pas être du seul ressort des stations-météo de la route.

Les appareils de mesure du frottement sur les engins de service hivernal ne se limitent pas à un point précis de la route et ils mesurent bien directement l'état glissant de la chaussée. Toutefois, ils ne peuvent pas être partout à la fois. Par conséquent, même un grand nombre de relevés de frottement ne pourra pas constituer une source suffisante de prévention.

Les caméras météorologiques constituent une troisième source d'informations. Elles fournissent des données facilement interprétables directement dans des centres d'observation de l'état de la route, mais sont encore en nombre insuffisant. Les technologies modernes ne sont pas encore à même de remplacer complètement le savoir des gens du pays et les prévisions météorologiques.

## **6. La Relation Entre L'état Hivernal De La Route Et La Sécurité**

Le fait que le conducteur adapte son comportement et sa vitesse en fonction de l'état de la chaussée complique l'étude de l'impact du service hivernal sur la sécurité routière. Sur les routes glissantes, le conducteur réduit certes sa vitesse, mais cela ne suffit malheureusement pas à compenser l'accroissement de risque qu'implique un état glissant de la chaussée. Les études suivantes rendent compte de 4 points importants:

- L'aptitude du conducteur à apprécier l'état glissant de la chaussée
- Les effets de l'état hivernal de la route sur la vitesse
- Les effets de la vitesse sur la sécurité routière
- L'effet de l'état hivernal des routes sur la sécurité routière

On a mené, dans le cadre d'un vaste programme de recherche finlandais, intitulé "la circulation routière en hiver" (1994), une enquête sur l'aptitude du conducteur à apprécier l'état glissant de la chaussée [Heinijoki 1994]. Cette enquête a principalement montré que la probabilité du conducteur à surestimer l'état de la route sur les tronçons où la chaussée semblait nette s'est avérée 2,5 fois supérieure à la probabilité correspondante sur les tronçons où la chaussée était complètement ou partiellement recouverte de neige. Cela signifie que, dans certains cas, le déneigement risque en fait de compliquer la détection de l'état glissant de la route.

Dans le cadre de ce même programme de recherche et sur la base de données provenant de postes de relevés automatiques de vitesse, on a estimé que la vitesse diminue de 0...3 km/h (0...2 miles /h) quand l'état de la route est bon, de 3...6 km/h (2...4 miles /h) quand la route est assez glissante et de 4...7 km/h (2... 4 miles / h) quand la route est très glissante [Saastamoinen 1993]. En 1998, l'Institut national suédois de recherche sur le transport et les routes (VTI) a constaté que l'état enneigé et glacé de la chaussée entraîne une réduction de vitesse de 9 à 16 km/h (6...10 miles / h) par rapport à une chaussée en bon état [Nilsson & Obrenovis 1998]. Sur la période 1991-94, des chercheurs norvégiens ont mené une étude très complète fondée sur l'observation quadri-journalière des vitesses au cours de trois hivers et sur 25 tronçons routiers en Norvège (tableau 5) [Vaa et al. 1995]. Selon cette étude, l'effet réducteur de vitesse de l'état hivernal de la route est compris entre 4,2 km/h (chaussée mouillée et temps neigeux) et 11.7 km/h (verglas et pluie).

L'effet de la vitesse sur la sécurité routière a fait l'objet de nombreuses études. En moyenne, on estime qu'une diminution de 1 km/h de la vitesse moyenne réduit le nombre d'accidents corporels de 2 à 3 pour cent. L'effet sur les accidents mortels est double. [Ranta & Kallberg].

En Finlande, les données des stations-météo de la route ne sont pas assez nombreuses ou suffisamment fiables pour être en mesure d'indiquer la vitesse du véhicule en fonction des différents états de la route. Et les rapports de police ne sont, eux non plus, pas suffisamment fiables pour décrire l'état de la route à l'endroit de l'accident. D'après des études finlandaises, le risque d'accidents corporels sur une route verglacée est de 10 à 20 fois plus élevé que sur une route sèche et nette [Malmivuo & Peltola 1996]. Selon une enquête norvégienne, le risque d'accidents corporels sur les

routes verglacées est environ 4,5 fois plus élevé que sur les routes dépourvues de neige et de verglas (tableau 4) [Evensen 1996].

**Tableau 4. Risque d'accidents corporels selon les différents états de la chaussée. [Evensen 1996]. ( <sup>1</sup> = valeur incertaine)**

	Accidents corporels/ 1 000 000 véhicules/ km
Chaussée sèche et nette de neige, hiver	0.12
Route mouillée et nette de neige, hiver	0.16
Neige fondue	0.18 <sup>1</sup>
Neige molle	0.30
Glace	0.53
Givre	0.53
Neige durcie	0.31
Voie nette	0.12 <sup>1</sup>
Voie glissante	0.30 <sup>1</sup>
Route sèche et nette, été	0.14
Route mouillée et nette, été	0.18

Il semble important de déterminer précisément dans quelles mesures le service hivernal modifie l'état des routes. Si le service hivernal élimine le verglas, difficilement perceptible par le conducteur, il est alors susceptible de corriger une adaptation erronée de vitesse. Le déneigement à lui seul, par contre, sans autres mesures pour augmenter le frottement, incite le conducteur à augmenter sa vitesse et cette augmentation de vitesse risque fort d'annuler les effets recherchés.

Voici un dernier exemple illustrant la relation entre les conditions climatiques et la sécurité routière: l'Indice Climat. Cet indice sert, en Finlande, à déterminer les coûts mensuels du service hivernal. Il intervient dans les négociations entre l'administrateur de la route et l'opérateur de service hivernal pour la fixation des coûts. Cet indice décrit les conditions climatiques au moyen de nombreux paramètres (par exemple, niveau des précipitations, étendue du gel sur les routes etc.). La moyenne sur le long terme d'un mois donné étant 100, un indice 115, par exemple, indiquera que le coût du service hivernal est estimé à 15% supérieur à la moyenne. Comme le montre la figure 3, les conditions climatiques en période hivernale ne décrivent pas en fait le degré de difficulté de conduite après les interventions du service hivernal.

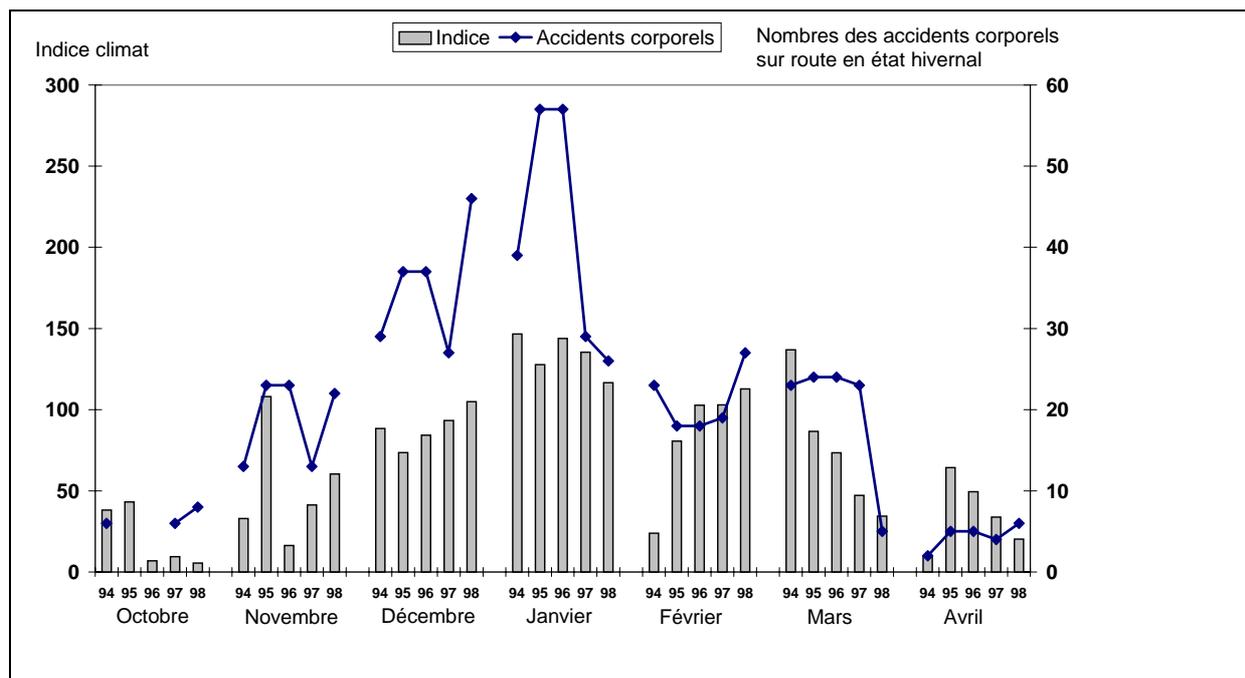


Figure 3. Indice Climat et accidents corporels sur le réseau routier du district de Helsinki au cours des années 1994-98

## 7. Conclusions

Cette étude a révélé que les effets du service hivernal sur la sécurité routière ne sont pas dépourvus d'ambiguïté. Il faudrait étudier les effets du service hivernal et de l'état des routes en hiver selon plusieurs perspectives et concevoir très soigneusement tout projet de nouvel investissement et d'amélioration du service hivernal, du moins en Finlande.

Pour résumer, on peut dire que d'une part il serait profitable d'améliorer le service hivernal en Finlande, car :

- Les risques des routes d'hiver sont multiples par rapport aux risques des routes d'été
- La route à l'endroit de l'accident était très glissante dans 21% des collisions mortelles et dans 39% des sorties de route mortelles (où l'état hivernal de la chaussée était une cause de l'accident).

En revanche, plusieurs facteurs indiquent qu'une amélioration du service hivernal doit être conçue très soigneusement avant d'être appliquée en Finlande:

- Aujourd'hui, les risques d'accidents corporels et de mortalité sont les mêmes en hiver et en été.
- Une amélioration du respect du code de la route (contrôle des pneus et des excès de vitesse en particulier) peut s'avérer plus efficace en terme de sécurité routière qu'une amélioration du service hivernal.
- Le conducteur diminue sa vitesse de 4 à 7 km/h quand la chaussée semble glissante ce qui revient à une diminution de la vitesse maximale autorisée de 20 km/h dans des conditions normales.
- Le nombre des accidents corporels journaliers est le même en hiver et en été.

## 8. Remerciements

Cette étude a été financée par la Direction nationale finlandaise du réseau routier. Mille mercis à notre chef d'équipe Anne Leppänen : son expérience, ses commentaires et son ouverture d'esprit envers de nouvelles approches a permis de concrétiser cette étude. Je tiens aussi à remercier Olli Penttinen de la Direction nationale finlandaise du réseau routier ainsi que Tapani

Mäkinen du Centre national finlandais de recherche technique (VTT): son intérêt passionné sur ce sujet m'a beaucoup soutenu. Mon collègue, Otto Kärki m'a aussi consacré un temps précieux en analysant les données du Comité d'enquête des accidents mortels.

## 9. Références

Brüde Ulf & Larsson Jörgen 1980: Les corrélations en hiver entre conditions climatiques, l'état de la route et les accidents de la route (en anglais). Description statistique et analyse. Rapport VTI 210.

Evensen Ragnar 1996: Veg-grepsprosjektet, konsekvenser av enkle strategier (en norvégien), Delsprosjekt 5.15. Statens vegvesen, Intern rapport nr. 1918.

Hantula Lasse 1992: Développement d'une méthode d'étude de cas des accidents de la route en Finlande (en anglais). Journal de médecine de la route. 1992 20(1) pp 27-35.

Heinijoki Heikki 1994: Influence sur la vitesse du type et de l'état des pneus ainsi que de l'appréciation de l'état de la route par le conducteur (en finnois). Finnra 19/1994 ISBN 0788-3722.

Malmivuo Mikko & Peltola Harri 1997: La sécurité routière en hiver (en finnois). Finnra (Administration finlandaise des routes) 6/1997. ISBN 951-726-317-1.

Nilsson Göran & Obrenovic Alexander 1998: Les limites de vitesse saisonnières (en anglais). VTI 435 A.

Ranta Susanna & Kallberg Veli-Pekka 1996: Analyse d'études statistiques des effets de la vitesse sur la sécurité routière (en anglais). Rapport de recherche VTT 362

Saastamoinen Kimmo 1993: Effet de l'état de la route sur la conduite et propriétés du trafic (en finnois). FinnRA 80/1993. ISBN 951-726-8139-2.

Vaa Torgeir, Sakshaug Kristian, Resen-Fellie Ole Peter 1995 : Salage de la chaussée et sécurité routière, les effets de l'épandage de sel sur les accidents et sur la vitesse. Document de référence de conférence (en anglais).