

BILAN D'UNE DÉCENNIE DE RÉGLEMENTATION EN MATIÈRE DE PNEUS CLOUTÉS À HOKKAIDO ET SUITE DE L'ÉTUDE

Motoki Asano*, Fumihiro Hara**, Shintaro Tanabe** et Shingo Yokoyama***

*Civil Engineering Research Institute of Hokkaido
Hiragishi 1-3, Toyohira-ku, Sapporo, 062-8602, JAPON
tél. +81-11-841-1116 / fax +81-11-841-9747
E-mail: m-asano@ceri.go.jp

**Hokkaido Development Engineering Center
Minami 1 Higashi 2, Chuo-ku, Sapporo, 060-0051, JAPON
tél. +81-11-271-3028 / fax +81-11-271-5115
E-mail: hara@decnet.or.jp

***Regional Science Institute Inc.
Kita 24 Nishi 2, Kita-ku, Sapporo, 001-0024, JAPON
tél. +81-11-717-6660 / fax +81-11-757-3610
E-mail: yoko@vtt.co.jp

1. Introduction

En juin 1990, le gouvernement japonais a promulgué une loi réglementant l'utilisation des pneus cloutés.

L'entrée en vigueur de ce texte interdisant l'utilisation de pneus cloutés dans la région froide et enneigée de Hokkaido a été un véritable défi qui suscitait des inquiétudes quant au coefficient de frottement entre les roues des véhicules et la surface des routes (l'indice le plus représentatif de la fonction cinétique des véhicules). En d'autres termes, il s'agissait d'une expérience sociale à grande échelle. Pour Hokkaido, les années 1990 ont été une période de transition entre un système routier à pneus cloutés et un nouveau système sans clous.

Parmi les effets positifs de la réglementation sur les pneus cloutés observés au cours de ces dix années, on compte la résolution du problème de la pollution sous forme de poussière générée par les véhicules et le niveau moins élevé d'abrasion des chaussées. On a également constaté des effets négatifs tels que des "surfaces de route très glissantes", une recrudescence des accidents de la route en hiver, et une détérioration de la circulation hivernale. De même, les volumes d'antigel et de produits abrasifs utilisés par les services de la voirie ont augmenté très rapidement.

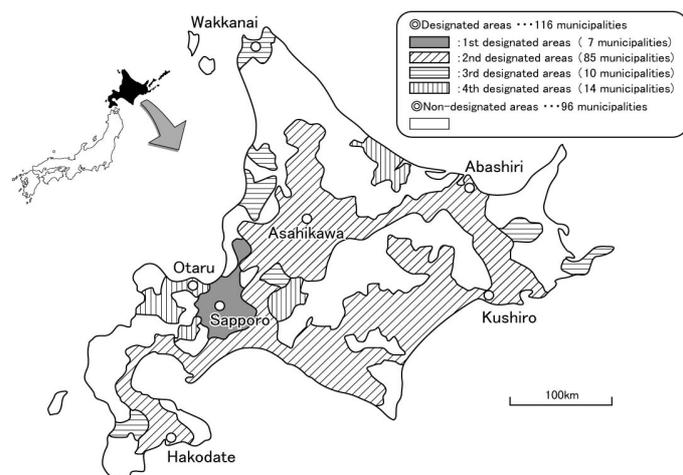


Figure 1 Zones d'interdiction des pneus cloutés

Cette communication étudie l'impact de dix ans de réglementation des pneus cloutés sur l'environnement, la gestion des surfaces de route, les conditions de circulation en hiver, et les avis des riverains. L'étude propose aussi une analyse avantages-coût et permet d'identifier des problématiques d'avenir dans le domaine des performances des pneumatiques sans clous. Les résultats des enquêtes seront commentés.

2. Contexte général et effets de la réglementation des pneus cloutés

2.1 Objectifs et contexte

Dans les années 1980, les pneus cloutés avaient suscité une polémique à Hokkaido de par les problèmes qu'ils engendraient (pollution sous forme de poussière soulevée par les véhicules, abrasion de la chaussée, ainsi que des accidents de la circulation imputés à la formation de stries dans la chaussée. Aux yeux du public, la poussière créée par l'abrasion de la chaussée était perçue comme un problème grave.

Différentes démarches de la part des citoyens ont conduit à la mise en place de limitations volontaires de la fabrication et la vente de pneus cloutés, ainsi qu'à l'adoption de textes de loi par la préfecture de Hokkaido et par la municipalité de Sapporo. En juin 1990, le gouvernement japonais a adopté la Loi réglementant les pneus cloutés qui comporte un article interdisant l'utilisation de pneus cloutés en l'absence de neige ou de verglas sur des tronçons revêtus de béton

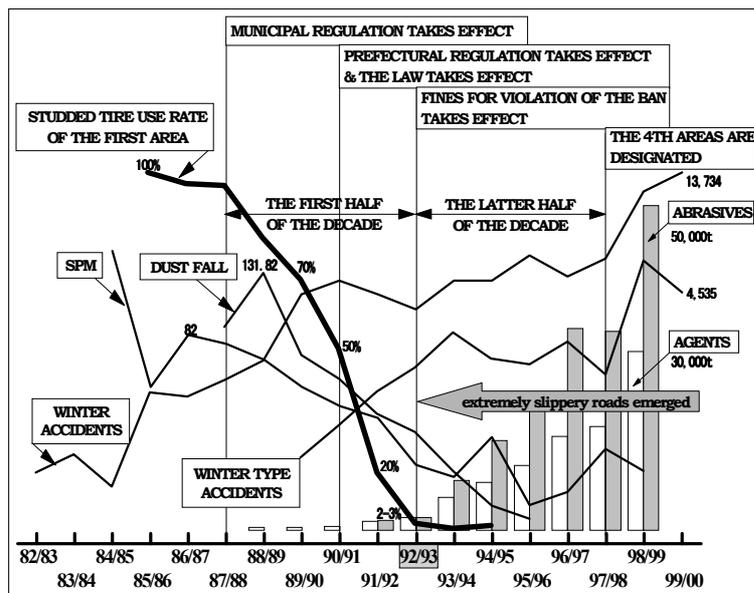


Figure 2 Evolution du taux d'équipement en pneus cloutés et autres indices

s'approchaient de 0 % en 1993 et 1996, respectivement. Actuellement, 116 des 212 municipalités de Hokkaido se trouvent dans le territoire couvert par cette loi, et 89 % des propriétaires de véhicules sont concernés par l'interdiction d'utiliser des pneus cloutés. Avec le recul, il semblerait que les pneus cloutés soient devenus obsolètes sur Hokkaido dès l'entrée en vigueur de la loi, et l'industrie du pneu a cessé de fabriquer des pneus cloutés.

2.3 Effets sur l'environnement

Les statistiques sur la plus forte moyenne journalière de matières particulaires en suspension enregistrée sur l'année – mesurée au bord d'une route donnée dans Sapporo – indiquent que la

valeur enregistrée en 1985 était conforme à la norme qualitative pour l'environnement ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). On considère que cette réussite est le résultat des directives régulièrement communiquées par la ville de Sapporo pour inciter les habitants à s'abstenir volontairement d'utiliser des pneus cloutés. A compter de cette date, la valeur des matières en suspension a diminué progressivement (Figure 2) et se situe depuis 1992 aux alentours de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

D'après les résultats de l'enquête sur le dépôt de poussière enregistrée au même endroit (fumées et poussières entre autres matières dans l'air qui tombent sous l'effet de la gravité et la pluie), le plus fort dépôt mensuel de poussière de l'année a diminué jusqu'à un dixième de sa valeur initiale, à savoir d'environ $130 \text{ t}/\text{km}^2/\text{mois}$ en 1988 jusqu'à environ $12 \text{ t}/\text{km}^2/\text{mois}$ en 1995 (Figure 2), ce qui a été très favorable à l'environnement.

Il n'existe pas actuellement de norme qualitative en ce qui concerne les dépôts de poussière.

2.4 Effets sur les surfaces des routes

Depuis que le taux d'équipement en pneus cloutés avoisine 0 %, l'ancien problème d'abrasion de la chaussée ne se pose plus.

Le Bureau du développement de Hokkaido a adressé aux services de la voirie un questionnaire destiné à identifier les différents types d'opérations de gestion des routes affectés par la réglementation sur les pneus cloutés. Les résultats de l'enquête révèlent une évolution de la quantité de revêtement des chaussées sur les routes nationales : cette quantité a été en progression jusqu'en 1993, puis a commencé à diminuer à partir de cette date. La quantité de revêtement déposé en 1998 était inférieure de moitié à celle de 1993.

3. Effets sur la maintenance des chaussées, les accidents de la circulation, et les conditions de circulation

3.1 Evolution des quantités de produits antigel utilisées

Au cours de l'hiver 1992 lorsque le taux d'équipement en pneus cloutés a avoisiné 0 % à Sapporo, des "surfaces de route très glissantes" ont été constatées pour la première fois. Ceci s'explique par le fait que les pneus sans clous "polissaient" les chaussées enneigées et verglacées. Pendant l'hiver 1991, alors que le taux d'équipement en pneus clous était de près de 20 %, il n'a pas été observé de "surface de route très glissante" et la norme qualitative en matière de particules en suspension a été respectée.

Pendant les années où on utilisait des pneus cloutés et des pneus sans clous, on considère que les clous rendaient rugueuses les surfaces enneigées ou verglacées, empêchant ainsi la formation de "surfaces de route très glissantes".

Jusqu'en 1992, le Bureau du développement de Hokkaido, qui gère l'ensemble des grands axes à Hokkaido, avait rarement utilisé des produits antigel ou antidérapage. Cependant, pour remédier aux "surfaces de route très glissantes" de l'hiver 1992, il a commencé à utiliser ces produits en quantité à partir de l'hiver 1993, si bien que la quantité de produits chimiques utilisés a augmenté rapidement (Figure 2) tout comme les dépenses correspondantes.

3.2 Evolution du nombre d'accidents de la circulation en hiver

Nous avons ensuite examiné l'évolution du nombre d'accidents de la circulation à Hokkaido pendant la saison hivernale (novembre à mars). Pour les besoins de l'analyse, un accident est défini comme ayant entraîné la mort ou des blessures. Le nombre d'accidents a augmenté à mesure que les pneus sans clous prenaient le pas sur les pneus cloutés, avec une progression d'environ 20 %

entre 1989 et 1999, c'est-à-dire de presque 11.000 à 14.000 accidents (Figure 2). Le taux de mortalité, qui n'a pas marqué de progression notable, s'est situé autour de 200 morts par an.

Parmi les accidents survenus en hiver, ceux qui étaient provoqués par des dérapages, la striation de la chaussée, et la visibilité réduite ont été classés "accidents de type hivernal". Leur nombre a progressé jusqu'en 1993 avec la montée en puissance du taux d'équipement en pneus à clous, et la tendance actuelle est à nouveau à la hausse. Parmi les accidents de type hivernal, les accidents dus à des dérapages sont les plus nombreux.

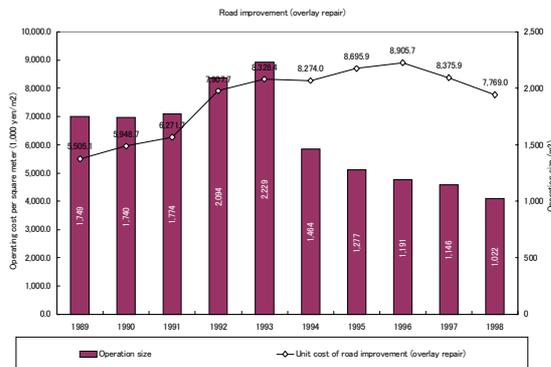


Figure 3 Evolution dans les quantités de revêtement déposé sur les routes nationales

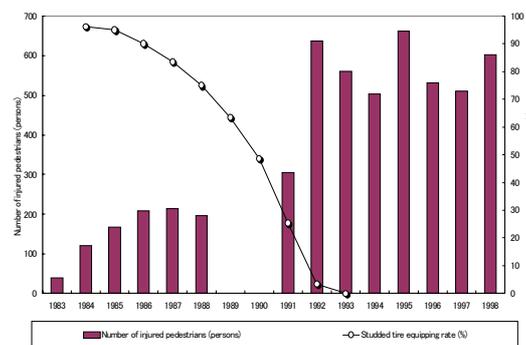


Figure 4 Nombre de piétons blessés en tombant et ayant nécessité l'intervention d'une ambulance, et le taux d'équipement en pneus cloutés à Sapporo

Il faut également mentionner l'augmentation du nombre d'accidents concernant des piétons qui ont dérapé et chuté sur la chaussée suite à l'entrée en vigueur de la réglementation sur les pneus cloutés. La figure 4 montre la relation entre le nombre de piétons blessés lors de chutes sur la chaussée et ayant nécessité l'intervention d'une ambulance, et le taux d'équipement en pneus cloutés à Sapporo. On constate d'importants écarts entre le nombre de piétons blessés, et l'année 1992 (année qui a vu le taux d'équipement s'approcher de 0 %) est clairement un tournant, bien que les données manquent inexplicablement pour les années 1989 et 1990. Paradoxalement, il a été remarqué, non sans ironie, que la poussière générée par les pneus cloutés rendaient les routes moins glissantes.

3.3 Evolution de la vitesse moyenne de déplacement

Malheureusement, peu d'enquêtes ont été effectuées sur le volume du trafic et la vitesse moyenne de déplacement en hiver. Un recensement partiel de la circulation routière en hiver a été réalisé en 1997. Ainsi, à l'aide des résultats de l'enquête indiqués dans la figure 1, nous avons pu comparer les vitesses moyennes de déplacement par temps de chute de neige, avant et après l'entrée en vigueur de la réglementation sur les pneus cloutés. Sur la base de ces résultats, l'équation k-v, qui exprime la relation entre la densité du trafic et la vitesse de circulation, a été formulée pour les périodes avant et après l'entrée en vigueur de la réglementation (respectivement figure 5 et figure 6), de façon à déterminer la vitesse moyenne de déplacement sur chacun des grands axes de la région de Sapporo. Il ressort de cette analyse que la vitesse moyenne de circulation sur l'ensemble des routes a diminué de 5 à 6 km/h.

4. Enquête sur la perception des habitants

Une enquête sous forme de questionnaire a été réalisée en avril 2001 pour déterminer la survenue éventuelle de modifications de l'environnement suite à l'introduction des pneus sans clous. Le tableau n° 2 montre les zones concernées par cette enquête ainsi que par une étude similaire en 1988.

Tableau n° 1 Enquêtes sur la circulation en hiver utilisées pour la comparaison des vitesses moyennes de déplacement

Période	Année	Intitulé de l'enquête	Routes analysées	Méthodologie de l'enquête
Période des pneus cloutés	Février 1986	Etude de fiabilité de la circulation routière (Bureau du développement de Hokkaido)	Six routes nationales de Sapporo et des environs	Enquête de quatre jours (à raison de douze heures / jour) sur la vitesse de circulation et le volume du trafic en hiver
Période des pneus sans clous	Décembre 1997 à février 1998	Enquête de circulation en hiver	Grands axes routiers de la ville de Sapporo et la sous-préfecture de Ishikari	Enquête de douze heures sur le volume du trafic routier et enquête sur les vitesses de déplacement aux heures de pointe sur chaussée enneigée ou verglacée entre décembre et février

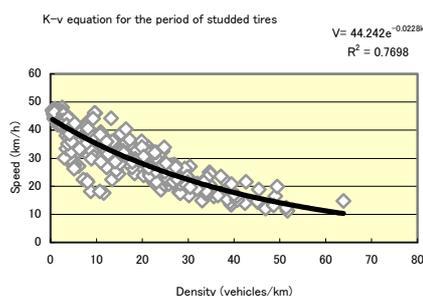


Figure 5 Equation k-v pour la période précédant l'entrée en vigueur de la réglementation sur les pneus cloutés

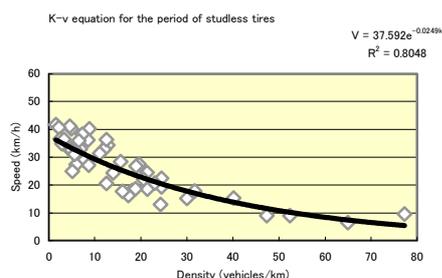


Figure 6 Equation k-v pour la période suivant l'entrée en vigueur de la réglementation des pneus cloutés

Les personnes qui ont rempli le questionnaire étaient pour 80 % des hommes et pour 20 % des femmes. Presque 90 % des personnes interrogées étaient âgées de 40 ans ou plus.

Quelque 80 % des personnes interrogées ont trouvé que le niveau de pollution de l'air en hiver s'était "amélioré" et se sont dit globalement satisfaites de l'état de l'air ambiant (Figure 7).

Concernant les embouteillages et le risque d'accident de circulation sur un grand axe en hiver, environ 60 % ont trouvé la situation "aggravée" contre 30 % qui l'ont trouvée "inchangée" (Figures 8 et 9).

Quant à l'évaluation d'ensemble, presque la moitié des personnes interrogées ont trouvé la situation "améliorée". Le total des réponses "inchangée" et "aggravée" était proche du total "améliorée" (Figure 10).

5. Analyse avantages-coût de la réglementation des pneus cloutés

Il a été procédé à une analyse avantages-coût de la réglementation des pneus cloutés. Les points touchés par l'évolution vers des pneus sans clous ont été exprimés en valeur monétaire,

lorsque cela s'est révélé possible, afin d'estimer le coût, les avantages ou les inconvénients. Dans la mesure où l'île de Hokkaido couvre un territoire trop important, c'est la région de la sous-préfecture de Ishikari, avec la ville de Sapporo en son centre, qui a été sélectionnée pour l'étude.

Les points évalués et la méthode de calcul sont décrits ci-après.

Tableau n° 2 Distribution et collecte du questionnaire

Arrondissement et ville	Rue	Nombre de ménages (à compter du 1er octobre 2000)	Nombre de questionnaires distribués	Nombre de questionnaires collectés (nombre d'échantillons)	Taux d'échantillonnage
Toyohira, Sapporo (sur route nationale n° 36)	Tsukisamu Chuo-dori 3-chome à 10-chome	1,231	418	62	5.0%
Higashi, Sapporo (sur Kanjo-dori)	Kita 15-jo Higashi 10-chome à 15-chome Kita 16-jo Higashi 10-chome à 15-chome	1,299	368	74	5.7%
Shiroisi, Sapporo (sur Atsubetsu-dori)	Kawashimo 4-jo 2-chome à 5-chome Kawashimo 5-jo 1-chome à 4-chome	779	371	118	5.1%
Non identifiés		-	-	18	-
Total		3,309	1,157	444	13.4%

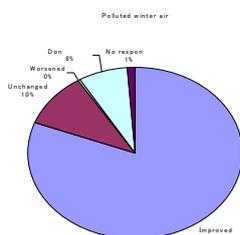


Figure 7 Résultats du questionnaire (pollution de l'air en hiver)

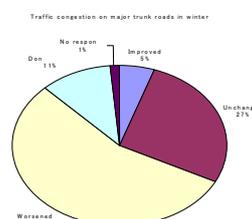


Figure 8 Résultats du questionnaire (embouteillages sur les grands axes en hiver)

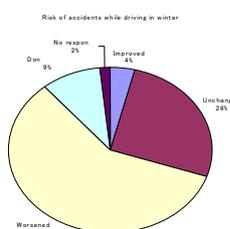


Figure 9 Résultats du questionnaire (risque d'accident de circulation en hiver)

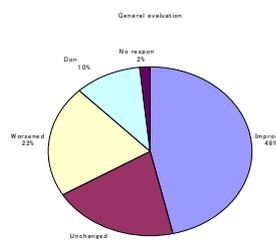


Figure 10 Résultats du questionnaire (évaluation d'ensemble)

5.1 Augmentation du temps de parcours

A l'aide de l'enquête mentionnée en "3.3 - Evolution de la vitesse moyenne de déplacement", la valeur en kilomètres parcourus par véhicule (calculée pour chacun des grands axes en question) a été divisée par la valeur de sa vitesse moyenne de déplacement, puis multipliée par la valeur en unités de temps pour des véhicules types afin de calculer l'augmentation du temps de parcours quotidien. Le résultat a ensuite été multiplié par le nombre de jours de chute de neige où la chaussée a été enneigée ou verglacée, de façon à déterminer l'augmentation du temps de parcours (ou temps perdu) pour un hiver donné.

5.2 Augmentation des frais de transport

Le coût de la consommation de carburant au kilomètre a été calculé pour les périodes avant et après l'entrée en vigueur de la réglementation des pneus cloutés. Les bases de calcul étaient, d'une part, le total des kilomètres / véhicule, et d'autre part, la consommation de carburant pour des véhicules de transport de marchandises et des véhicules de tourisme selon les statistiques en matière de transport automobile publiées par l'ancien Ministère des Transports. Ensuite, les valeurs obtenues ont été multipliées par le total des kilomètres / véhicule dans la zone étudiée pour déterminer le surcoût du transport exprimé en énergie consommée.

En outre, le prix unitaire d'un pneu pour une distance parcourue a été calculé à partir du prix unitaire des pneus et de leur kilométrage moyen estimé en fonction de leur durée de vie moyenne. Ce résultat a ensuite été multiplié par le nombre de kilomètres / véhicule. Enfin, l'augmentation du coût du transport a été déterminée en tenant compte de la différence entre le prix d'achat de pneus avant et après l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation.

5.3 Augmentation des montants des sinistres relevant d'accidents de la circulation

Le montant moyen des sinistres, par type d'accident, a été relevé dans les documents publiés par la Marine and Fire Insurance Association of Japan, Inc. L'étude a calculé le nombre d'accidents par type avant et après la nouvelle réglementation dans la zone en question à partir de la proportion d'accidents par kilomètre / véhicule. On a ensuite établi la somme de ces deux valeurs pour déterminer le montant des sinistres dû à l'accroissement du nombre d'accidents de la circulation.

5.4 Pertes dues à la pollution de l'air

Compte tenu de la diminution de la vitesse moyenne de déplacement, une augmentation des émissions de NOx était à prévoir le long des grands axes routiers. Le coût économique associé à la dégradation de l'environnement - imputable à l'augmentation des émissions de NOx qu'amène une diminution de la vitesse de déplacement - a été calculé en fonction de l'unité de base d'évaluation environnementale.

5.5 Avantage de la réduction du niveau sonore

L'avantage de la réduction du niveau sonore (niveau sonore équivalent) par rapport à la période précédant l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation a été calculé en fonction de l'unité de base de réduction du bruit.

5.6 Avantages d'un paysage embelli

Le bénéfice apporté par un paysage embelli a été évalué par la méthode dite d'évaluation des contingences pour déterminer le prix que les gens sont prêts à payer pour préserver le paysage pour compenser l'effet nocif des retombées de poussière sur l'environnement que provoquerait une réintroduction des pneus cloutés.

5.7 Diminution des coûts d'entretien des chaussées

La diminution des coûts de revêtement des chaussées - un des principaux bénéfices de la nouvelle réglementation sur les pneus cloutés - a été considérée comme un avantage.

5.8 Progression des coûts des mesures contre le verglas

L'augmentation des coûts entraînés par des mesures destinées à empêcher la formation de verglas, y compris l'épandage de produits antigel pour diminuer l'occurrence de "surfaces de route très glissantes", a été considérée comme un inconvénient.

Les résultats de l'analyse sont indiqués dans le tableau n° 3.

Tableau n° 3 Résultats de l'analyse avantages-coût de la réglementation sur des pneus cloutés.

	Organisme gérant le projet		Utilisateurs de la route	Résidents (riverains)	Total
	Gouvernement National	Collectivités locales			
Augmentation du temps de parcours			-11,133		-11,133
Augmentation des frais de transport (carburant, pneus)			-5,660		-5,660
Accroissement du nombre d'accidents de la circulation			-687		-687
Pollution de l'air (NOx)				-48	-48
Réduction du niveau sonore				446	466
Embellissement du paysage suite à l'élimination de la poussière				1,461	1,461
Coût du revêtement de la chaussée	129	22			151
Coût des mesures contre le verglas	-335	-647			-982

Unité : 1 million de yen par an

Suite à la nouvelle réglementation sur les pneus cloutés, la réduction du niveau sonore, l'embellissement du paysage et le coût du revêtement ont été reconnus comme des effets bénéfiques, tandis que les inconvénients comprenaient l'allongement du temps de parcours, l'augmentation du coût du transport, la sinistralité due aux accidents de la circulation et le coût des mesures contre le verglas.

Pour ce qui est de l'impact de la poussière sur la santé publique, qui était à l'origine de cette réglementation, il n'a pas été possible de faire une analyse avantages-coût dans la mesure où il n'existe pas de méthode d'évaluation financière. Pour cette raison la mesure des effets n'est peut-être pas suffisamment exhaustive, mais les aspects les plus saillants en sont les inconvénients dus à l'allongement du temps de déplacement et la sinistralité due aux accidents de la circulation. L'augmentation des temps de parcours a été particulièrement marquée, ce qui suggère que la réglementation des pneus cloutés a considérablement profité à l'environnement, compensant ainsi l'allongement non négligeable du temps de déplacement.

6. Influence des pneus cloutés sur les surfaces enneigées et verglacées

Comme il a été précisé dans "3.1 - Evolution des quantités de produits antigel utilisées", les dispositions de la norme sur la qualité de l'environnement ont été respectées sans l'apparition de "surfaces de route très glissantes" pendant l'hiver 1991 lorsque le taux d'équipement en pneus à clous se situait autour de 20 %. En février 2001, notre groupe de recherche a effectué un essai comparatif pour déterminer l'influence du freinage (ABS) des véhicules sur des routes enneigées et verglacées avec des taux d'équipement en pneus cloutés de 0 % et 20 %. L'un des cinq véhicules d'essai était équipé de pneus cloutés pour arriver à un taux d'équipement de 20 %. L'essai a été réalisé après le coucher du soleil pour éliminer l'influence de la lumière du soleil, et la température se situait entre -10° et -15° .

La surface de route était devenue "très glissante" lorsque le cinquantième véhicule est passé (Figure 11). Le coefficient de frottement était de 0,42 pour un taux d'équipement en pneus cloutés de 20 %, et de 0,21 lorsque ce taux était de 0 %, ce qui montre que les pneus cloutés ont certainement rendu rugueuse la surface enneigée et verglacée. D'autres essais sont prévus et porteront sur d'autres points que la distance de freinage.

L'efficacité des pneus sans clous sur les surfaces enneigées et verglacées ne fait pas de doute ; le problème tient au fait que ces pneus sans clous entraînent la formation de surfaces de route glissantes.



Surface de route d'un tronçon avec démarrages et arrêts
pour un taux d'équipement en pneus sans clous de 100 %



Surface de route d'un tronçon avec démarrages et arrêts
pour un taux d'équipement en pneus cloutés de 20 %

Figure 11 Différence de l'état de surface avec et sans pneus cloutés

7. Résumé et Suite de l'étude

Les conclusions peuvent être résumées ainsi:

1. On n'utilise pratiquement pas de pneus cloutés actuellement.
2. Les problèmes environnementaux (pollution par la poussière générée par les véhicules) tels que les matières particulaires en suspension et les retombées de poussière ont pu être résolus.
3. L'abrasion de la chaussée par les pneus cloutés a pu être améliorée et les coûts de réparation du revêtement ont été diminués.
4. Les pneus sans clous provoquent la formation de surface glissantes, et des "surfaces routières très glissantes" sont apparues lorsque le taux d'équipement en pneus cloutés s'est approché de 0 %.
5. Les accidents dus à des dérapages étaient plus fréquents en hiver.
6. Les conditions de circulation en hiver se sont dégradées.
7. L'enquête sur la perception de la circulation a révélé que la plupart des habitants avaient identifié des bénéfices pour l'environnement, mais faisaient remarquer que la situation s'était aggravée du point de vue des embouteillages et de la sécurité en hiver.

8. Les résultats de l'analyse avantages-coût ont indiqué que l'augmentation du temps de parcours et de la sinistralité accrue due aux accidents de la circulation étaient le corrolaire des améliorations de l'environnement.
9. Cependant, d'après l'appréciation d'ensemble des personnes interrogées au cours de cette enquête, presque la moitié d'entre elles ont répondu que la situation était "meilleure qu'auparavant", tandis que presque 50 % la considéraient comme "inchangée" ou "aggravée". Ces résultats ne permettent pas d'évaluer avec précision les effets de la réglementation sur les pneus cloutés.

A la lumière de son impact fort apprécié sur l'environnement, la réglementation sur les pneus cloutés peut être considérée comme globalement positive, et il est peu probable que nous assistions à une réintroduction massive des pneus à clous.

Au contraire, il subsiste un certain nombre de points à régler, plus particulièrement la mise en oeuvre de mesures en faveur d'une plus grande fluidité et d'une meilleure sécurité de la circulation routière.

La première solution à ces problèmes serait le développement d'un pneu qui serait efficace sur chaussée verglacée sans endommager le revêtement pour autant. La production d'un tel pneu n'est pas possible pour le moment.

Des pneus à clous allégés ont été développés récemment dans les pays nordiques en vue de réduire l'abrasion de la chaussée, et n'ont donc pas le même effet sur la chaussée que les clous métalliques classiques des pneus cloutés. Dans la mesure où une utilisation efficace de tels pneus à clous allégés pourrait permettre de réduire l'apparition de conditions routières particulièrement glissantes en hiver, leur introduction devrait être envisagée.

De ce fait, un certain nombre de solutions provisoires sont proposées ci-dessous.

*Approches du point de vue du développement technique :

1. Répartition efficace de produits antigel et antidérapage existants
2. Développement des matériaux antigel et antidérapage favorables à l'environnement et d'un bon rapport coût / performance.
3. Amélioration de la structure de la chaussée, avec intégration de revêtements antigel et système de chauffage routier à bas coût.

*Approches tenant compte des effets des pneus sans clous sur les surfaces routières enneigées et verglacées

4. Utilisation de pneus cloutés ou de chaînes (y compris chaînes non métalliques) pendant la période où la plupart des routes de la ville sont enneigées ou verglacées (les mois de janvier et février dans le cas de Sapporo).
5. Autorisation de pneus cloutés et de chaînes (y compris chaînes non métalliques) pour des véhicules légers qui endommagent moins la chaussée, et pour les véhicules de transport public (y compris les bus à itinéraire fixe).

* Autres approches

6. Promotion de mesures de gestion intégrée de la circulation intra muros, y compris le système TDM (système de gestion des besoins routiers).

Il n'y a de solution miracle à ces problèmes.

Ceci étant, il appartient aux autorités publiques comme aux citoyens de prendre conscience de ces problèmes, et il faudra se pencher sérieusement sur différentes mesures destinées à mieux gérer les routes en hiver, ainsi que sur des solutions techniques dont le des systèmes de gestion intégrée de la circulation intra muros en hiver.

Références

1. Hideki TAKAGI, Hidetsugu OHNUMA and Akihiro SHIMOJO: Effects of Studded Tire Regulation on Road Environments and Traffic Conditions in Hokkaido. Conference Proceedings 16, Snow Removal and Ice Control Technology, Selected Papers Presented at the Fourth International Symposium of TRB, Reno, Nev. Aug. 11-16, 1996, pp103-110.