

# **ETUDE DES PERFORMANCES DE LA CHAUSSEE EN ASPHALTE POREUX SOUS LES CONDITIONS DE SURFACE DE ROUTE EN HIVER**

Hisashi Iwata\*, Toru Watanabe\*\* et Tatsuya Saito

\* Section du Tohoku

Japan Highway Public Corporation

Goroku, Aobaku, Sendai, Miyagi, Japon

TEL: +81-22-711-6411, FAX: +81-22-711-6397

E-mail: Hisashi-Iwata@gw.japan-highway.go.jp

\*\* Expressway Research Institute

Japan Highway Public Corporation

1-4-1 Tadao, Machida-shi, Tokyo, Japon

TEL: +81-42-791-1621, FAX: +81-42-792-8650

E-mail: saitou@jhri.japan-highway.go.jp

## **Abrégé**

La chaussée en asphalte poreux est largement utilisée sur les autoroutes japonaises. Ce type de revêtement offre des performances élevées pour la sécurité au volant sous la pluie et la réduction du bruit des véhicules. Il est aussi dit que la structure poreuse de la chaussée en asphalte poreux offre des caractéristiques de surface de route en hiver différentes de celles des chaussées à asphalte dense conventionnelles. Japan Highway Public Corporation a effectué une étude sur site pour évaluer quantitativement de telles caractéristiques.

Cette étude a révélé qu'il n'y avait pas de différence significative entre les chaussées en asphalte poreux et en asphalte dense en termes de caractéristiques de surface de route, et qu'aucune modification majeure de la méthode de la maintenance des routes en hiver actuelle n'était requise. Il s'est avéré que la chaussée en asphalte poreux était efficace pour éviter le gel de la surface de la route. Cette étude se concentre sur les caractéristiques des routes en hiver, telles que température de la surface de la route, état de la surface, effet des produits chimiques antigel et résistance au patinage; durabilité par type de structure de chaussée, obturation des pores dans la chaussée et rentabilité ne sont pas couverts.

## **1 Introduction**

Le plan national des autoroutes du Japon prévoit l'aménagement de 11.520 km d'autoroutes, dont environ 6.850 km sont actuellement ouverts à la circulation. Japan Highway Public Corporation (ci-après désigné JH) est l'organisme gouvernemental chargé de la construction et de la gestion de ces autoroutes. Environ 50% du réseau d'autoroutes actuel traverse les zones froides de neige (hauteur de neige maximale moyenne décennale: plus de 30 cm), et les autoroutes des autres régions subissent aussi des chutes de neige plusieurs fois par an.

Au Japon, la gestion de la surface en hiver se fait sur la base de la teneur en eau sur la route pour l'élimination de la neige/verglas en hiver. Ainsi, JH utilise environ 20% de produits chimiques antigels sous forme de solution sur la surface des routes. JH utilise largement des chaussées en asphalte poreux pour assurer la sécurité sous la pluie et réduire les niveaux de bruit. Cela pose le problème de la gestion en hiver de la chaussée en asphalte poreux qui draine l'eau à sa surface.

## **2 Contexte de l'étude**

### **(1) Caractéristiques météo du Japon**

Le Japon est un pays à chutes de neige très abondantes dues aux chaînes de montagnes qui traversent le centre de l'archipel et des vents saisonniers hivernaux. Sa situation à une latitude relativement faible fait que l'ensoleillement est relativement important, même en hiver, et que dans beaucoup de cas, la neige sur la chaussée et les accotements répète le cycle de fonte dans la journée et de gel pendant la nuit. C'est pourquoi des mesures contre l'eau qui suinte sur la surface des routes sont prises régulièrement. La chaussée en asphalte poreux est considérée efficace pour les mesures contre l'eau suintant parce qu'elle empêche la formation de flaques d'eau, mais laisse craindre des désavantages pour la gestion des routes en hiver.

### **(2) Système d'élimination de la neige/verglas de JH**

Les méthodes typiques d'élimination de la neige/verglas sur les autoroutes japonaises sont le déneigement mécanique et le répandage de matériaux antigels. JH assure la gestion des autoroutes 24 h sur 24 au moyen de quelque 1.000 chasse-neige et 500 véhicules de répandage. Le coût des mesures d'élimination de la neige/verglas s'élève à environ 200 millions de dollars par an, et quelque 150.000-200.000 tonnes de NaCl sont utilisés par an comme matériau antigel. Avec l'augmentation de la longueur d'autoroutes à gérer, une gestion plus efficace de la surface des routes en hiver est requise de JH, pour qui la gestion des chaussées en asphalte poreux constitue un grand problème.

### **(3) État de la chaussée en asphalte poreux**

L'état actuel de la chaussée en asphalte poreux appliquée sur les autoroutes japonaises est comme suit:

- ① Emploi de la chaussée en asphalte poreux: 33% des autoroutes en service (8.500 voies. km) <en avril 2001>
- ② Taux de porosité de la chaussée en asphalte poreux: env. 20%
- ③ Exigence de perméabilité: doit permettre l'infiltration de 400 ml d'eau en moins de 10 secondes.

- ④ Effet de réduction des accidents: réduction de 80% par rapport à la chaussée en asphalte dense conventionnelle sous la pluie
- ⑤ Effet sur le niveau de bruit: réduction de 3 dB par rapport à la chaussée en asphalte dense conventionnelle

(4) Craintes concernant la chaussée en asphalte poreux

JH avait certaines pour l'adoption de la chaussée en asphalte poreux dans tout le pays.

- ① Établissement de méthodes d'élimination de la neige/verglas
- ② Établissement de méthodes pour le rétablissement de la fonction d'évacuation d'eau
- ③ Amélioration de la durabilité dans les régions où des pneus chaînes sont utilisés
- ④ Établissement de normes et méthodes de réparation
- ⑤ Densification des couches inférieures (imperméabilisation des parties pont)
- ⑥ Réduction du coût

Des détails sur la méthode de gestion de la surface en hiver sont donnés ci-dessous.

- a) La température de la surface de la chaussée en asphalte poreux n'est-elle pas plus basse que celle de la chaussée en asphalte dense ordinaire?
- b) La durée de la couverture de neige n'est-elle pas supérieure à celle de la chaussée en asphalte dense ordinaire? (La neige s'accumule-t-elle rapidement sans fondre?)
- c) Les produits chimiques antigel fonctionnent-ils efficacement?

Les auteurs ont effectué une étude pour répondre à ces questions et obtenir des informations sur les mesures d'élimination de la neige/verglas à venir. L'évaluation ci-dessous se base principalement sur une comparaison avec l'asphalte dense, qui était jusqu'ici le matériau principal utilisé pour le revêtement de surface, qui s'axe sur quatre facteurs: température de la surface de la route, état de la surface, effet des produits chimiques antigel et coefficient de résistance au dérapage.

De plus, des problèmes comme l'usure rapide des lames des chasse-neige devraient se renforcer avec l'application dans tout le pays de l'asphalte poreux.

### **3 Grandes lignes de l'étude sur l'état de la surface en hiver**

#### **3.1 Sites de l'étude**

Une étude d'envergure nationale a été réalisée sur les autoroutes dans 14 régions du Japon: Sapporo, Towada, Morioka, Furukawa, Fukushima, Kanazawa, Nagaoka, Nasu, Saku, Kofu, Hashima, Hiroshima, Ogori et Yahata pour obtenir des informations sur les caractéristiques de la surface de l'asphalte poreux. Sur chaque site d'étude, les caractéristiques en hiver de l'asphalte poreux et de l'asphalte dense ont été comparées, chacun couvrant 50 m à partir de la limite.

Des sections travaux de terrassement des autoroutes ont été utilisées pour l'étude.

### 3.2 Éléments de l'étude

Les éléments de l'étude ont été des facteurs jugés influencer les caractéristiques de la surface en hiver: température atmosphérique, température de la surface en hiver, chutes de neige, hauteur de neige, hauteur de neige restante (accotements, zones frayées ou non frayées), concentration de sel résiduel, volume de trafic, conditions de la surface de route (accotements, zones frayées ou non frayées),

opérations d'élimination de la neige/verglas. La durée de l'étude a en principe été du début à la fin des chutes de neige, les relevés des diverses valeurs météo étant faits toutes les heures aux mêmes heures pour l'asphalte poreux et l'asphalte dense. Les observations ont duré un total de 605 heures.

## 4 Résultats de l'étude

### 4.1 Température de la surface de la route

#### 4.1.1 Variation au fil des heures

La Figure 1 montre les changements de température de la surface de la route au fil des heures relevées en janvier à Kofu. Dans la journée, la température de la surface de la route de la chaussée en asphalte dense est supérieure à celle de la chaussée en asphalte poreux, mais la nuit, quand la température a baissé, la température de la chaussée en asphalte poreux ne baisse pas autant que celle de la chaussée en asphalte dense. Cela est probablement dû à l'effet d'isolation thermique de la chaussée en asphalte poreux due à ses pores, qui chauffe et se refroidit difficilement.

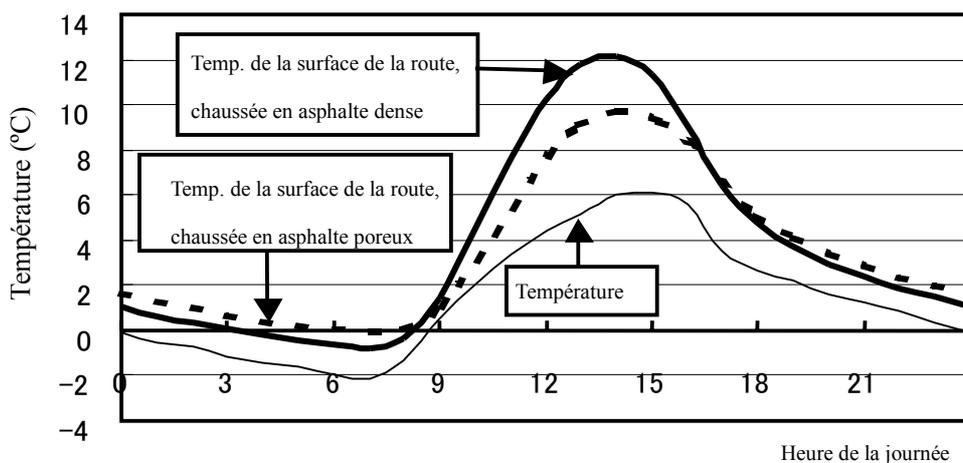
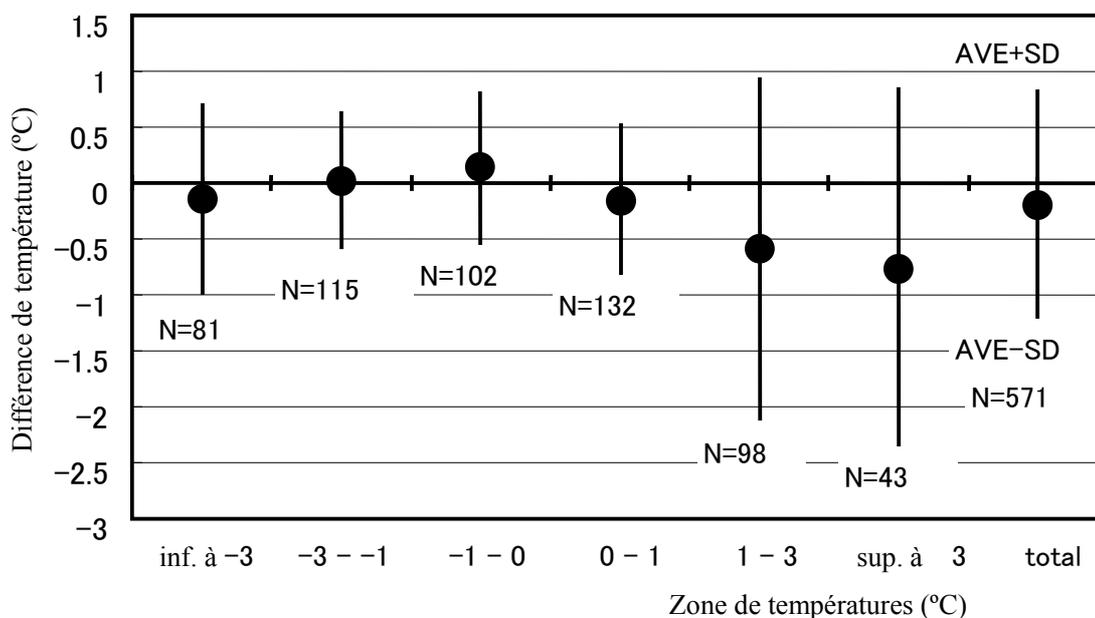


Figure 1 Température de la surface de la route au fil des heures (Kofu: janv. 1998)

#### 4.1.2 Caractéristiques pendant les chutes de neige

La Figure 2 compare la température de la surface de la route de la chaussée en asphalte dense et de la chaussée en asphalte poreux, et indique une différence de température de la surface de la route des deux chaussées pour chaque zone de températures. La figure montre que la température de la surface de la chaussée en asphalte poreux est en moyenne inférieure de 0,2°C, une différence qui apparaît souvent dans la zone de températures au-dessus de 1°C. Autrement dit, la température de la surface de la route de la chaussée en asphalte poreux est généralement légèrement inférieure à celle de la chaussée en asphalte dense, mais cette différence est faible. De plus, comme cette différence devient importante dans la zone positive (températures de la surface de plus d'1°C), on peut considérer que cela ne pose pas de problème particulier pour la gestion de la surface de la route en hiver.



**Figure 2** Différence de température de la surface de la route pendant les chutes de neige (asphalte poreux – dense)

#### 4.2 Etat de la surface de la route

Des surfaces de chaussées en asphalte poreux et en asphalte dense ont été étudiées simultanément pendant les chutes de neige pour saisir les différences d'état de la surface entre les deux chaussées. Les Tableaux 1 et 2 indiquent les résultats de tabulation croisée de l'étude, le Tableau 1 pour les zones frayées et le Tableau 2 pour les zones non-frayées (voies). Les chiffres dans les tableaux

indiquent la fréquence (nombre d’heures) d’apparition de la combinaison de l’état de la surface de la route. La partie supérieure droite des tableaux indique la fréquence où l’état de la surface de la chaussée en asphalte poreux a été pire que celle de la chaussée en asphalte dense (augmentation de la neige/glace sur la route), et la partie inférieure gauche le cas où son état a été meilleur. Par ailleurs, les chiffres dans des cases à bords épais indiquent la fréquence du même état de la surface dans les deux cas. Les expressions “Meilleur” et “Pire” de ces tableaux se basent sur une appréciation visuelle, elles ne tiennent pas compte de la “chaussée glissante” réelle.

Ces tableaux montrent que dans la plupart des cas (80 – 90 %), l’état de la surface de la route pour les deux types de chaussée est identique, mais quelques cas spécifiques ont aussi été observés. Voici ci-dessous une explication des combinaisons représentatives.

**Tableau 1 Etat de la surface de la route pendant les chutes de neige (frayé)**

Sections frayées		Chaussée en asphalte poreux					Total
		Sèche	Mouillée	Neige à moitié fondue	Neige	Verglas	
Chaussée en asphalte dense	Sèche	33				Pire	33
	Mouillée	1	297	23			321
	Neige à moitié fondue		14	96	2		112
	Neige	Meilleur	10	2	88		100
	Verglas		10	3	3	23	39
	Total	34	331	124	93	23	605

**Tableau 2 Etat de la surface de la route pendant les chutes de neige (non frayé)**

Sections non frayées		Chaussée en asphalte poreux					Total
		Sèche	Mouillée	Neige à moitié fondue	Neige	Verglas	
Chaussée en asphalte dense	Sèche	34				Pire	34
	Mouillée	2	247	29	4		282
	Neige à moitié fondue		13	114	8	3	138
	Neige		1	11	109	2	123
	Verglas	Meilleur	4	5	1	18	28
	Total	36	265	159	122	23	605

- (1) Cas où la chaussée en asphalte dense est mouillée et la chaussée en asphalte poreux couverte de neige à moitié fondue

Cette combinaison a été observée dans les sections frayées et non frayées. Dans les zones non-frayées, la chaussée en asphalte poreux avec de la neige à moitié fondue peut devenir un état de neige. selon la présence d'eau ou non sur la route. Sur la chaussée en asphalte dense, la neige est fondue par l'eau sur la route, alors que sur la chaussée en asphalte poreux, la neige ne fond pas et continue à s'entasser parce qu'il n'y a pas d'eau sur la route. Cet état est plus remarquable sur les parties non-frayées où l'entassement de neige progresse sans doute parce que l'influence plus faible des pneus s'ajoute à l'absence d'eau sur la route.

Cette combinaison ne compte pas pour une part prédominante, parce qu'elle correspondait à seulement 3,8% (23/605 heures) dans les zones frayées et 5,5% (29+4)/605 h) dans les zones non-frayées. Mais il arrive qu'on les considère comme un problème important pour les raisons suivantes:

- ① Une surface blanche non-frayée plus large fait forte impression.
- ② La chaussée en asphalte poreux couverte de neige à moitié fondue a l'air plus blanche que la chaussée en asphalte dense.

Cela montre donc que ce problème est plus influencé par l'apparence que les caractéristiques physiques.

- (2) Cas où la chaussée en asphalte dense est couverte d'un film de verglas et la chaussée en asphalte poreux est mouillée

Cette combinaison est aussi étroitement liée à l'eau sur la surface de la route. Le gel est en principe difficile sur la chaussée en asphalte poreux parce qu'il n'y a pas d'eau sur la route, mais pour la chaussée en asphalte dense, le gel de l'eau sur la route est possible si des conditions de température et de concentration de sel sont remplies. Ce résultat montre que la chaussée en asphalte poreux assure "l'élimination de l'eau de la surface de la route", qui est l'exigence de base pour la prévention du gel de la surface en hiver, et démontre concrètement son efficacité pour les mesures antigel.

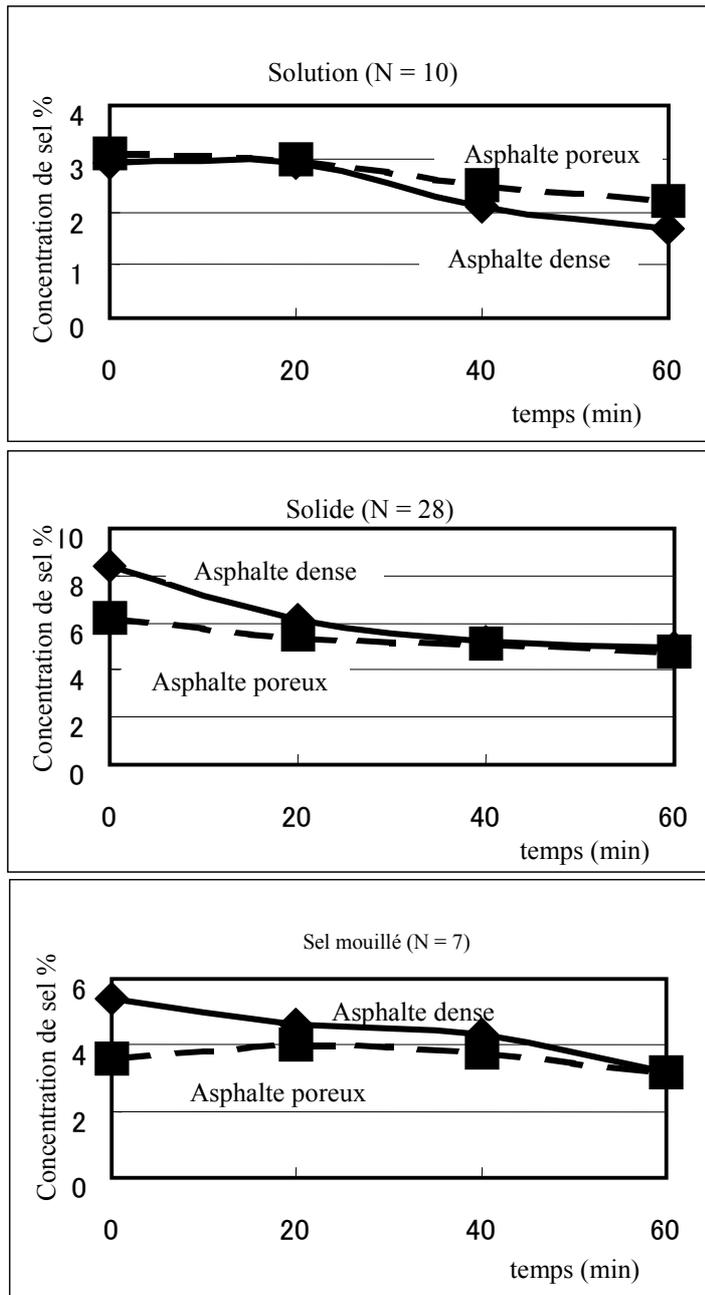
### **4.3 Effet des produits chimiques antigel**

Il a été signalé que la chaussée en asphalte poreux laisse s'écouler les produits chimiques antigel répandus par ses pores, et qu'ainsi le volume de produits chimiques antigel est plus faible que pour la chaussée en asphalte dense. Dans certains cas, la dose de produits chimiques appliquée a même été augmentée pour faire face à ce problème.

La Figure 3 montre le changement au fil des heures de la concentration de sel résiduel à partir du répandage de produits chimiques antigel par méthode de répandage. Quelle que soit la méthode employée, la diminution de la concentration de sel résiduel au fil des heures dans la chaussée en

asphalte poreux est inférieure à celle de la chaussée en asphalte dense (faiblement inclinée). La fixation du sel est meilleure dans la chaussée en asphalte poreux que dans celle en asphalte dense, et la quantité projetée hors de la route est plus faible, et donc la concentration de sel reste forte sur la route. La baisse de la concentration de sel dans la chaussée en asphalte poreux permet donc la réduction de la quantité de matériaux antigels utilisés.

Lors du répandage de solution antigel, la chaussée en asphalte poreux maintient toujours une concentration de sel supérieure à la chaussée en asphalte dense, mais en cas de produit chimique antigel solide ou de sel humide, la concentration de sel dans la chaussée en asphalte dense a tendance à être plus forte que dans celle en asphalte poreux immédiatement après le répandage. Comme l'eau à la surface de la route est moins importante dans le cas de la chaussée en asphalte poreux que pour la chaussée en asphalte dense, on peut penser qu'il faut un certain



**Figure 3 Concentration de sel**

temps pour que le produit chimique se dissolve dans l'eau, et c'est pourquoi la concentration de sel est inférieure immédiatement après le répandage. Mais cette différence de concentration de sel résiduel en cas de produit chimique antigel solide ou de sel humide disparaît pratiquement au bout de 20 minutes. Du point de vue de l'élimination de la neige/verglas, une forte concentration de sel immédiatement après le répandage n'est pas importante, il convient de maintenir la concentration de sel à un certain niveau, ce qui permet de conclure qu'il n'y a pratiquement pas différence entre ces deux chaussées quant à l'effet des produits chimiques antigels.

#### 4.4 Coefficient de résistance au dérapage

La Figure 4 montre les résultats des essais de coefficient de résistance au dérapage effectués par JH en utilisant un véhicule de test à frottements importants. La mesure a été faite sur le véhicule équipé de pneus neige (non cloutés) pour la mesure du dérapage, à environ 50 km/h, à freinage 100%. Le coefficient de résistance au dérapage a été plus élevé pour la chaussée en asphalte poreux que pour la chaussée en asphalte dense, sauf pour les routes couvertes de neige entassée où ce coefficient, non affecté par le type de chaussée, est seulement déterminé par le frottement entre la neige et les pneus. Sur les surfaces de route mouillées et couvertes d'un film de verglas, les inégalités de la chaussée en asphalte poreux permettent d'obtenir un coefficient de résistance au dérapage élevé, ce qui est significatif pour la sécurité de la circulation et pourrait réduire les collisions en chaîne sur les routes enneigées/verglacées.

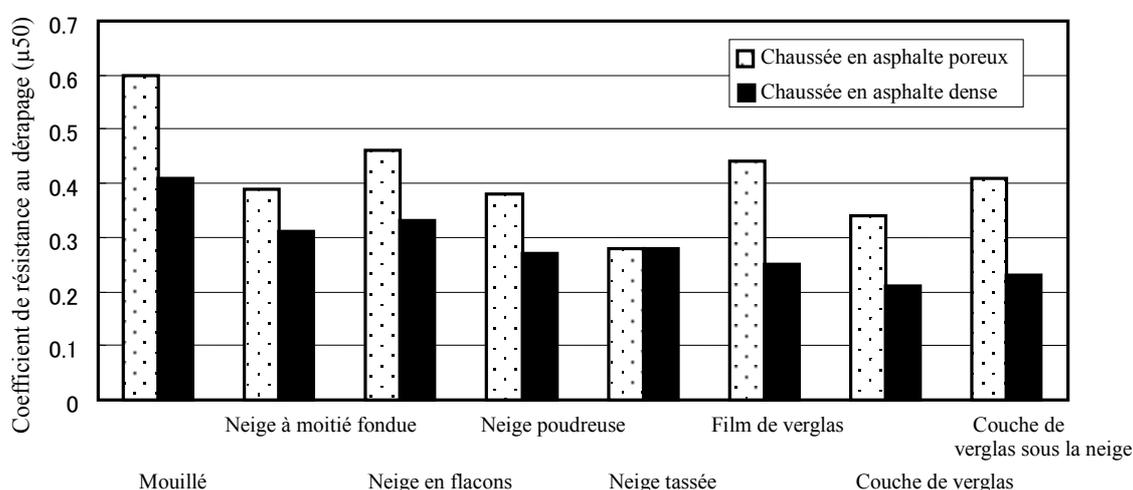


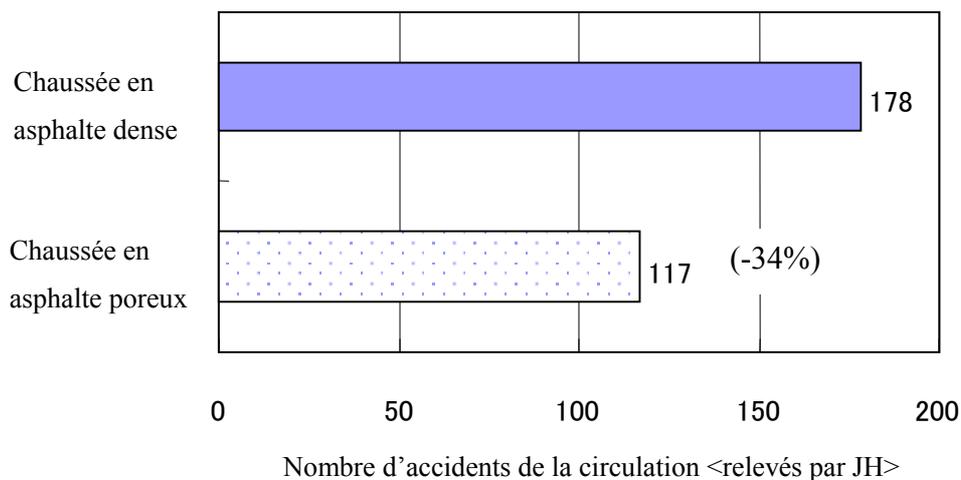
Figure 4 Skid Resistance Coefficient

#### 5. Sécurité sur route enneigée/verglacée

La Figure 5 compare la réduction des accidents de la circulation sur route enneigée/verglacée sur des sections où la chaussée en asphalte dense a été remplacée par de l'asphalte poreux (améliorée). La comparaison porte simplement sur le nombre d'accidents un an avant l'amélioration de la chaussée (asphalte dense) et un an après (asphalte poreux). L'étude du nombre d'accident a été faite par JH, et les conditions météo avant et après l'amélioration n'ont pas été prises en compte.

La comparaison a montré que le nombre d'accidents de la circulation sur surface enneigée/verglacée dans les sections de route (1.043 km) améliorées par une chaussée en asphalte poreux en 1997 et 1998 a diminué de 178 à 117, soit une baisse de 34%.

Il a ainsi été confirmé que la chaussée en asphalte poreux aide à réduire les accidents de la circulation sur route enneigée/verglacée, ainsi que par temps pluvieux. Drainant aussi efficacement l'eau de la route, elle contribue largement à la sécurité sur la route en hiver.



**Figure 5 Accidents en état de surface hiver**

## 6. Conclusion

Les différences entre les caractéristiques en hiver de la chaussée conventionnelle (asphalte dense) et la chaussée en asphalte poreux peuvent se résumer comme suit.

- ① La température de la surface de la chaussée en asphalte poreux pendant les chutes de neige est inférieure de 0,2°C environ, mais cette différence augmentant seulement dans la zone de températures positives, elle ne pose pas de problème pour la gestion des routes en hiver.
- ② Il n'y a pratiquement pas de différence dans l'état de la surface des deux types de chaussée pendant les chutes de neige.
- ③ Il n'y a pratiquement pas de différence pour la concentration de sel résiduel des produits chimiques antigels.
- ④ La rugosité de la surface de la chaussée en asphalte poreux assure un coefficient de résistance au dérapage un peu plus élevé que celui de la chaussée en asphalte dense.
- ⑤ La chaussée en asphalte poreux augmente la sécurité sur route enneigée/verglacée.

Vu ces résultats, en principe, aucune modification importante des méthodes de gestion des routes à chaussée en asphalte poreux en hiver. En particulier dans les zones de neige froides où la neige s'entasse sur les routes, la méthode de gestion actuelle reste efficace. Par ailleurs, dans les zones relativement chaudes, la surface en asphalte poreux a l'air plus blanche pendant les chutes de neige, surtout sur les sections non-frayées. Mais cela ne pose pas de problème parce que la résistance au dérapage de la chaussée en asphalte poreux est supérieure à celle de la chaussée en asphalte dense.

## 7. Postface

Cette thèse résume les caractéristiques de la surface de la chaussée en asphalte poreux en hiver principalement sur la base des résultats des études sur site effectuées sur les autoroutes japonaises.

Des rapports plus anciens indiquaient des problèmes pour la gestion des routes à chaussée en asphalte poreux en hiver. Dans certains cas, des mesures spéciales, comme la limitation de la zone d'application de la chaussée en asphalte poreux ou l'augmentation de la quantité de produits chimiques antigel, sont prises pour résoudre les problèmes. La différence d'évaluation des chaussées en asphalte poreux entre les zones et les gestionnaires des routes est considérée due à des différences de conditions météo et de gestion. JH poursuivra ses études détaillées pour saisir les caractéristiques réelles de la chaussée en asphalte poreux.