

# CONSIDERATIONS ENVIRONNEMENTALES CONCERNANT L'APPLICATION D'AGENTS CHIMIQUES ANTI-VERGLAS

**Shunici Suzuki, Ryushi Kubo ,Seigo Yoshie\***

Japan Highway Public Corporation  
3-3-2, Kasumigaseki, Chiyoda, 100-8979, Japan  
TEL +81-3-3506-0392/FAX+81-3-3506-0343  
E-mail:\*Seigo\_Yoshie@japan-highway.go.jp

## 1. Abrégé

Tous les ans, Japan Highway Public Corporation (JH) applique 150.000 à 200.000 tonnes de sel (NaCl) comme agent chimique anti-verglas. Bien que l'impact du sel sur l'environnement soit jugé plus faible que celui des fondants chimiques spéciaux parce que le sel est hautement soluble dans l'eau, divers impacts environnementaux défavorables seraient quand même possible sous certaines conditions. Vu ces possibilités, JH recherche des manières de diminuer les effets défavorables sur l'environnement, par exemple en optimisant les dosages de fondant. La présente thèse rapporte les efforts actuels de JH pour minimiser les effets environnementaux défavorables des fondants chimiques.

- (1) Étude et recherche de méthodes pour mesurer le volume de migration du sel
- (2) Méthodes concrètes pour réduire la migration du sel et vérifier leur efficacité

**Mots clés:** fondant chimique, NaCl, sel, chlorure de sodium, migration du sel, travaux d'élimination, chaussée en asphalte poreux, clôture filet, mur antibruit, taille des particules, environnement

## 2. Introduction

Parmi les 11.520 km d'autoroutes du plan du réseau d'autoroutes du Japon, 6.851 km (environ 59% de la longueur totale prévue) étaient ouverts à la circulation au 1<sup>er</sup> avril 2001. Japan Highway Public Corporation (JH) est un organisme lié au gouvernement responsable de la construction et de la gestion des autoroutes. Environ 50 pour cent des autoroutes existantes passent par les régions froides, de neige (régions où la hauteur de neige maximale moyenne décennale dépasse 30 cm). Comme la neige tombe plusieurs fois par an même dans les autres régions, les mesures d'élimination de la neige/du verglas sont nécessaires sur presque toutes les autoroutes.

Le fondant chimique (ci-après abrégé "fondants") le plus communément utilisé est le sel (NaCl). Le volume total de sel utilisé au cours de l'année fiscale 1999 a été de 160.000 tonnes, ce qui correspond à environ 23 tonnes de sel par kilomètre de route. Le volume total de fondants utilisés par an au Japon est d'environ 300.000 tonnes, dont la moitié est utilisée pour la gestion de la surface des autoroutes en hiver.

Le sel est hautement soluble dans l'eau et considéré moins nocif pour l'environnement que les produits chimiques spéciaux. Il a été signalé dans les régions avec vergers de pommiers, pêchers et autres, que le sel soufflé loin des routes provoquait le flétrissement des pointes des jeunes pousses (Photo 1) et des pertes de rendement dans les vergers adjacents aux autoroutes. Des efforts sont en cours pour trouver des mesures correctives, mais aucune solution n'est encore en vue.

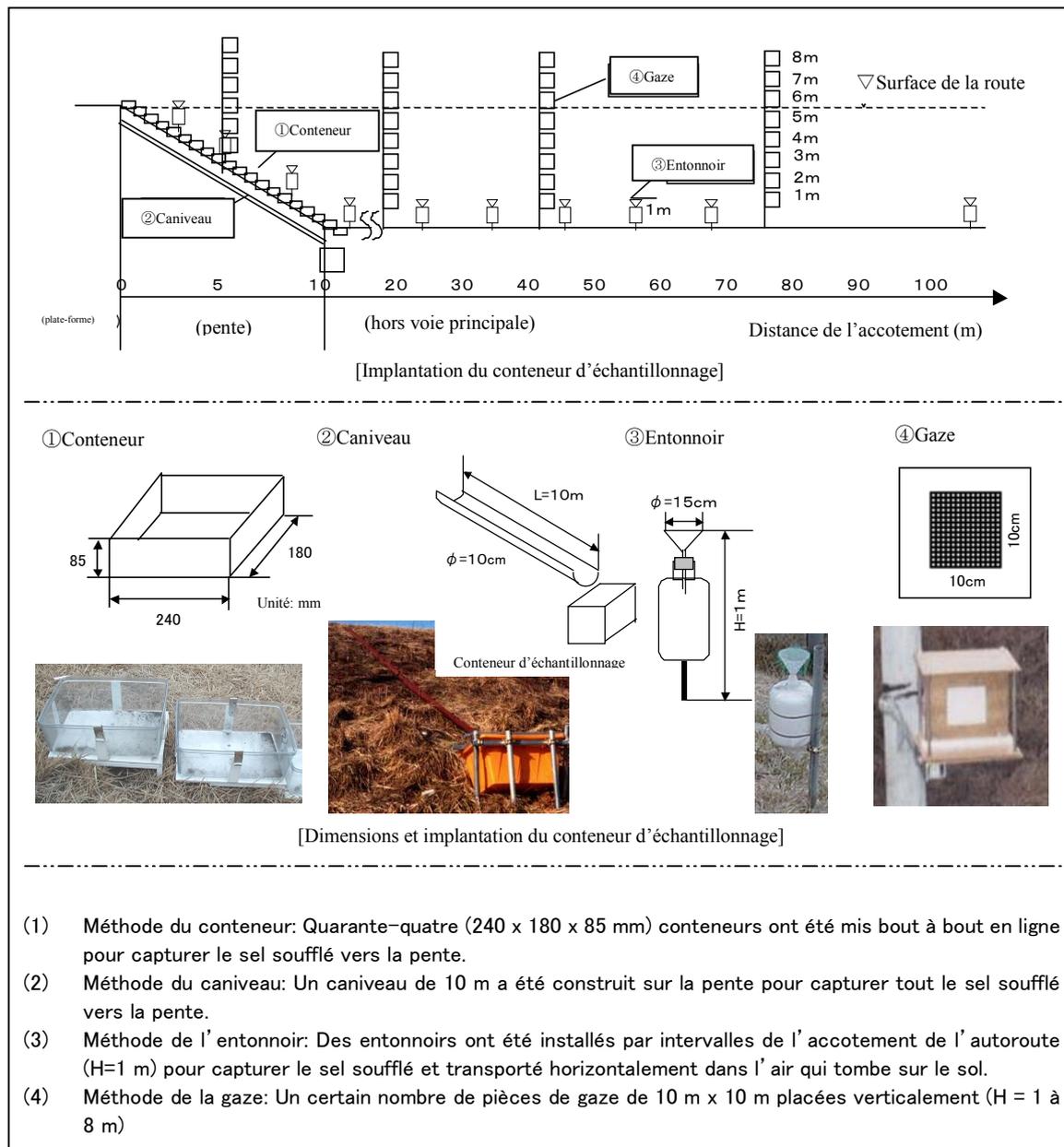
Dans le passé, JH n'avait aucune information quantitative sur le processus de migration du sel loin des routes auxquelles il était appliqué. C'est



**Photo 1. Flétrissement des pointes des jeunes pousses d'un jeune pommier**

pourquoi l'action typique de JH en réponse à une plainte liée au sel dans une zone particulière a été simplement de rechercher la relation de cause à effet seulement après le dépôt d'une plainte et de prendre les mesures nécessaires sur la base du cas par cas.

JH pense maintenant à la prédiction des modèles de migration du sel et à la prise de mesures de contrôle efficaces en conséquence pour éviter les dégâts dus au sel. Cela a rendu nécessaire l'établissement de mesures pour quantifier le volume de sel soufflé et d'étudier la situation actuelle.



**Figure 1 Méthodes de mesure de la quantité de sel soufflée loin des autoroutes**

### 3. Méthode de mesure du volume de sel soufflé

Le sel épandu sur les routes est balayé par les véhicules passant ou soufflé par le vent. Le sel sur la route devient aérien de diverses manières. Par exemple, le sel peut être soufflé sous forme solide, en tant que partie de l'humidité de surface qui devient aérienne, ou en tant que partie de la neige repoussée sur des pentes sur le côté de la route. Pour quantifier le volume de la migration de sel de la route, qui se fait sous diverses formes, il est nécessaire de déterminer non seulement le volume du sel aérien qui retombe sur le sol, mais aussi le volume du sel soufflé par le vent qui reste aérien et ne retombe pas sur le sol. Beaucoup d'organisations dont JH ont essayé de mesurer le volume de sel aérien, mais les méthodes utilisées étaient diverses et seulement quelques-unes d'entre elles utilisaient une combinaison de deux méthodes ou plus. Nous avons pour cela décidé de mesurer le volume de sel soufflé par les méthodes indiquées sur la Figure 1 et d'évaluer ces méthodes de mesure.

Le site de mesure est une section d'autoroute où 22 t/km de sel sont utilisés par an (moyenne nationale: 23 t/km), ce qui est la moyenne de JH. Les relevés ont été faits pendant quatre mois du 10 novembre 1999 au 18 mars 2000.

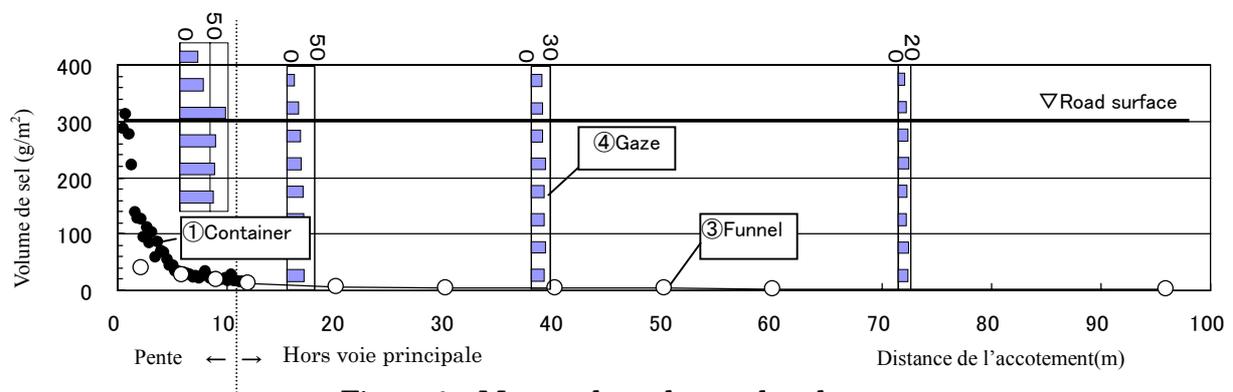


Figure 2 Mesure des volumes de sel soufflés

La Figure 2 donne les résultats des mesures. Les valeurs mesurées par (1) la méthode du conteneur et (3) la méthode de l'entonnoir montrent que le volume de sel soufflé qui retombe sur le sol devient proche de zéro à des distances de 10 m ou plus du sommet de la pente, indiquant que l'influence sur les bas-côtés de la route peut être ignoré. D'après les valeurs mesurées avec (4) la méthode de la gaze, toutefois, le volume de sel aérien diminue seulement lentement même à des distances de 40 m et même plus de 70 m du sommet de la pente. Cela signifie qu'avec l'augmentation de la distance à partir du sommet de la pente, le volume de sel aérien transporté horizontalement augmente en relation avec le volume de sel retombant sur le sol. Par conséquent, il est possible que les premières rangées d'arbres fruitiers, bâtiments ou similaires qui font face à l'autoroute et sont exposés au vent soufflant de cette direction, soient affectés par le sel aérien.

La Figure 3 indique les volumes de sel soufflé mesurés avec (1) la méthode du conteneur et (3) la méthode de l'entonnoir pour des distances de 0 à 12 m du sommet de la pente. Comme indiqué, comparée à (1) la méthode du conteneur, qui permet de mesurer précisément le sel soufflé vers la pente, (3) la méthode de l'entonnoir donne les petites valeurs de distance de 0 à 5 m du sommet de la pente. C'est sans doute parce que les entonnoirs étaient

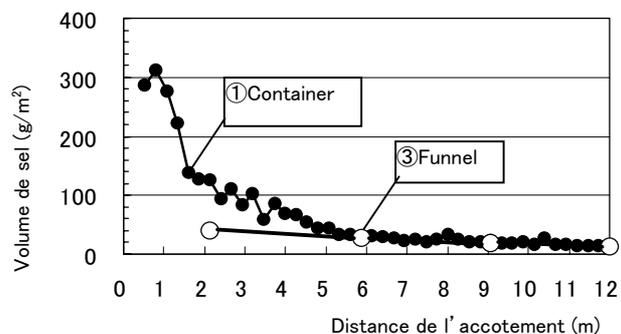


Figure 3 Comparaison des volumes de sel mesurés: Conteneur VS Entonnoir

installés à une hauteur de 1 m de la surface du sol, et que le sel contenu dans la neige entassée et le sel à gros grains n'ont pas pu être saisis directement. La méthode d'installation des conteneurs directement sur le sol est donc efficace pour capturer le sel aux environs du sommet de la pente. Les valeurs mesurées obtenues par les méthodes testées dans cette étude ont montré qu'à des distances de plus 5 m du sommet de la pente, (1) la méthode du conteneur et (3) la méthode de l'entonnoir sont également fiables pour mesurer le sel soufflé loin de la route.

La Figure 4 indique le volume total de sel soufflé vers la pente mesuré selon (1) la méthode du conteneur, (2) la méthode du caniveau et (3) la méthode de l'entonnoir. Comme le montre la figure, si le volume total de sel soufflé vers le haut de la pente (à l'intérieur de la voie principale) doit être mesuré, la méthode du caniveau est suffisamment précise pour tous les objectifs pratiques. La méthode de l'entonnoir a été moins précise que les autres sans doute parce que le volume de sel capté à des distances de 0 à 5 m était relativement faible.

Les résultats ci-dessus ont fait décider d'utiliser une méthode dans laquelle des conteneurs sont installés à des niveaux bas, comme la méthode des conteneurs ou la méthode du caniveau, si le volume de sel fondant soufflé vers la pente proche de l'accotement de la route doit être mesuré, et la méthode de l'entonnoir ou la méthode de la gaze s'il doit être mesuré à des emplacements plus éloignés en dehors de la voie principale. En effectuant les mesures, on a cependant gardé à l'esprit que pour la méthode du conteneur et la méthode du caniveau, il est difficile de retirer les conteneurs s'ils sont enterrés profondément dans la neige, et que pour la méthode de la gaze, le sel adsorbé sur la gaze peut être éliminé au cours d'une tempête de neige ou de fortes pluies.

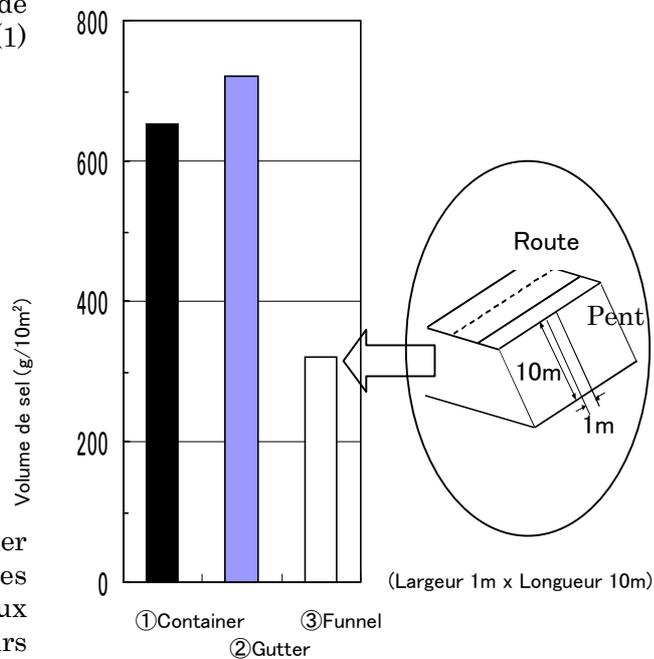


Figure 4 Volumes de sel soufflés vers la pente

#### 4. Efforts de JH pour réduire l'impact sur l'environnement

JH réduit le volume de sel soufflé loin des autoroutes en diminuant (1) le volume de sel utilisé, (2) le volume de sel qui peut être soufflé loin de la surface de la route et (3) le volume de sel soufflé au loin. Cette section présente les efforts de JH pour réduire la migration aérienne de sel, c'est-à-dire les effets défavorables sur l'environnement autour des autoroutes.

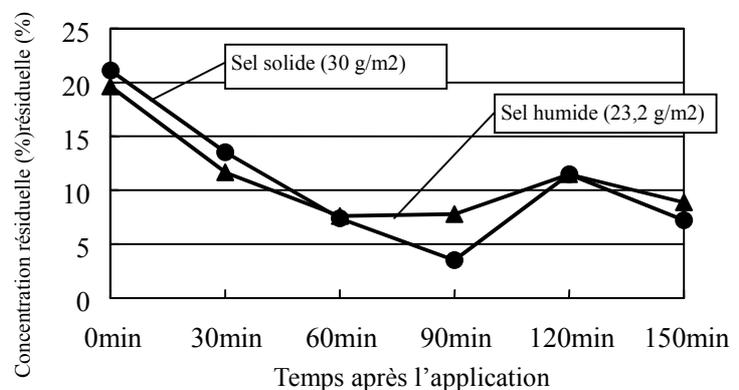


Figure 5 Résultats des tests de concentration de sel

##### 4.1 Réduction du volume de sel utilisé

Le dosage standard de sel de JH pour les autoroutes a été de 30 g/cm<sup>2</sup> de sel solide. En 1994,

JH est passé à la méthode du salage humide communément pratiquée en Europe. Pour préparer ce passage, JH a comparé les concentrations de sel résiduel sur la surface de la route obtenues par la méthode d'application de sel conventionnelle et la méthode de salage humide. Comme le montre le Figure 5, 30 g/m<sup>2</sup> de sel solide et 23,2 g/cm<sup>2</sup> de sel humide (21,4 g d'agent solide + solution 20% de 8,6 grammes) ont résulté en des concentrations de sel résiduel pratiquement égales. Sur certaines sections d'autoroute, le dosage a même été réduit à 20 g/m<sup>2</sup> compte tenu des conditions du site. Cela réduit l'emploi de sel de 20 à 30% et aussi le volume de sel soufflé loin de la surface de la route.

#### 4.2 Réduction du volume de sel pouvant être soufflé au loin

La chaussée en asphalte poreux est conçue pour drainer les eaux de pluie et autres eaux via des pores interconnectés dans la structure de la chaussée, contribuant ainsi à la sécurité de la circulation sur autoroutes par temps pluvieux. La forte porosité des chaussées en asphalte poreux permet de réduire le bruit de la circulation sur la route, la surface absorbant le bruit. À cause de ces avantages, JH applique les chaussées en asphalte poreux dans tout le pays. Jusqu'ici 20% (1.300 km) de la longueur totale des autoroutes japonaises ont été revêtues de cette manière. Des études ont révélé qu'il y a des cas où le sel existant à la surface de la route sous forme de solution est balayé par les véhicules circulants ou emporté par les vents loin de l'autoroute sous forme de brume. La chaussée en asphalte poreux laisse espérer la réduction du volume de sel soufflé au loin parce que sa fonction de drainage réduit le temps pendant lequel la surface de la route reste humide.

Les Figures 6 et 7 montrent les volumes de sel soufflé au loin mesurés pour la chaussée en asphalte dense et la chaussée en asphalte poreux, par la méthode de la gaze (10 cm ∞ 10 cm = 1 dm<sup>2</sup>) au sommet et au pied de la pente. La période de mesure a été de trois mois. Sur les graphes, la hauteur d'installation de la gaze est indiquée sur l'axe vertical, et le volume de sel adsorbé sur la gaze sur l'axe horizontal. Comme indiqué, le volume de sel soufflé au loin de la chaussée en asphalte poreux est environ de la moitié de celui soufflé de la chaussée en asphalte dense. En particulier, les volumes de sel aérien à des hauteurs de 4 à 5 m près du sommet de la pente montrent clairement que la chaussée en asphalte poreux réduit le volume de sel aérien.

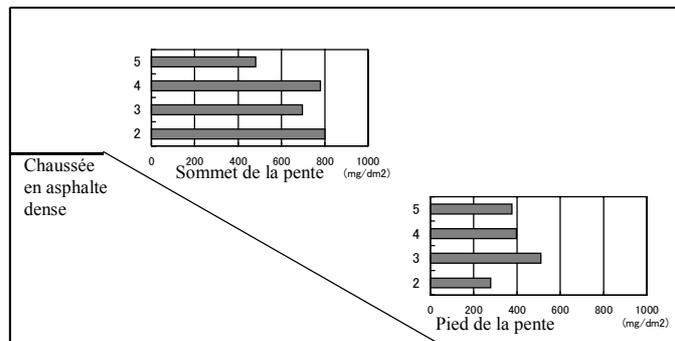


Figure 6 Chaussée en asphalte dense

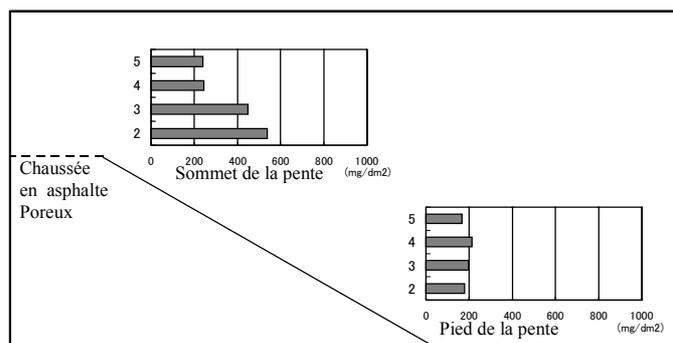


Figure 7 Chaussée en asphalte poreux

La Figure 8 montre la distribution des tailles de particules (H=7 m) du sel aérien mesuré avec un échantillonneur d'air Andersen, un instrument communément utilisé pour mesurer la distribution des tailles de particules de poussière contenue dans les gaz d'échappement. Sur toutes les plages de tailles de particules, le volume de sable soufflé loin de la chaussée en asphalte poreux était inférieur à celui pour la chaussée en asphalte dense. En général, l'influence de la gravité sur les particules plus petites que 10 µm est si faible qu'elles peuvent être emportées sans fixation sur de très grandes distances. Il est donc nécessaire de réduire le volume de sel devenant aérien. Les valeurs toujours petites mesurées pour la chaussée en asphalte poreux montrent son efficacité.

Dans la section de chaussée en asphalte poreux, il y a peu d'infiltration à partir des talus de neige sur les accotements des autoroutes. Par conséquent, le nombre d'opérations de salage, ordinairement exécutées sur les sections de chaussée conventionnelles pour éviter cette infiltration, a aussi été réduit.

Les relevés ont prouvé que la chaussée en asphalte poreux est efficace pour réduire le volume de sel soufflé au loin. Sur les sections de route où des mesures doivent être prises pour réduire le sel soufflé au loin, l'emploi de chaussées en asphalte poreux doit être considéré comme une des nombreuses mesures de contrôle.

#### 4.3 Réduction du volume de sel soufflé au loin avec des barrières

Dans les couloirs routiers traversant les zones résidentielles, JH construit des murs antibruit (Photo 2, longueur totale installée: 2.411 km), des remblais ou des zones boisées tampon comme mesures conviviales pour l'environnement autour des autoroutes. Dans certains cas, par exemple, quand il y a des vergers près de l'autoroute, un écran en treillis (H = 2 à 3 m) comme celui de la Photo 3 peut être installé le long de l'accotement de la route pour réduire le volume de sel soufflé au loin.

Le but du mur antibruit est de réduire le niveau de bruit produit par la circulation sur l'autoroute, et pas de réduire le volume de sel soufflé au loin. Les murs antibruit sont cependant considérés efficaces pour contrôler la migration du sel aérien.

L'efficacité du treillis par contre a au départ été jugée douteuse parce qu'il ne coupe pas complètement les vents. Les Figures 9 à 11 indiquent les volumes de sel aérien dans les zones "sans contrôle" et dans les zones à écran en treillis (H=2 m) et mur antibruit (H=2 m), obtenus par la méthode de la gaze (10 cm ∞ 10 cm). La période de mesure a été de trois mois. Sur chaque graphe, l'axe vertical correspond à la hauteur du haut de la gaze et l'axe horizontal au volume de sel adsorbé sur la gaze.



Photo 2 Mur antibruit (H=2 m)



Photo 3 Ecran en treillis (H=2 m)

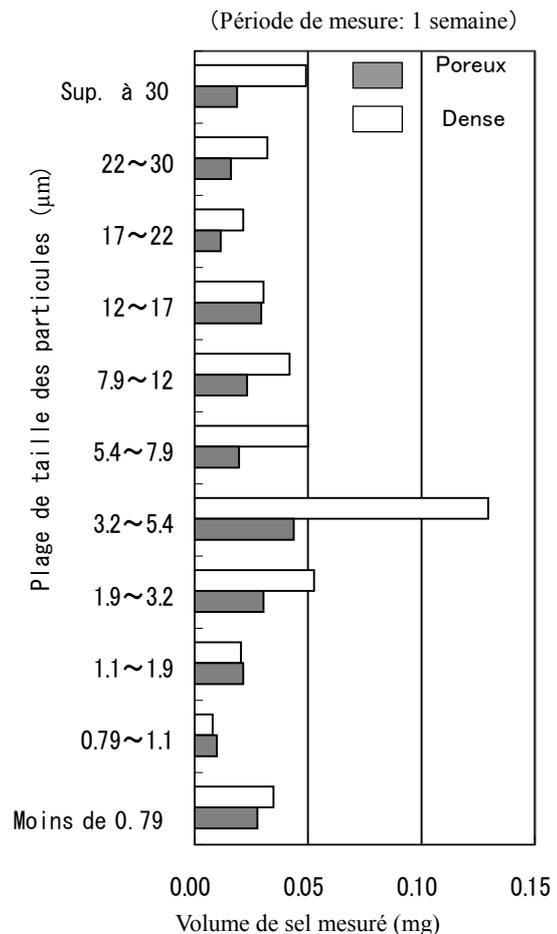
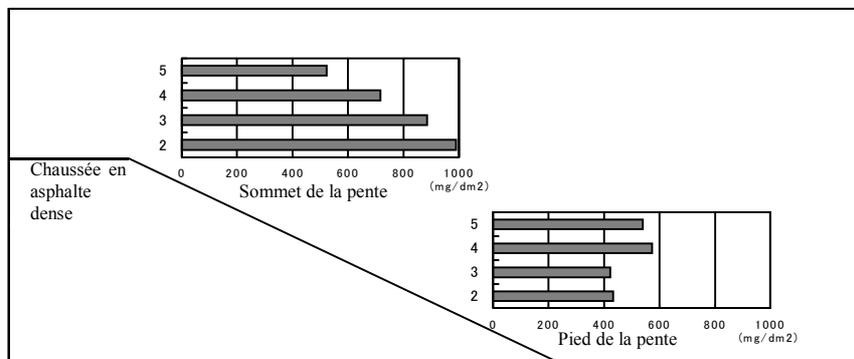


Figure 8 Distribution des tailles des particules

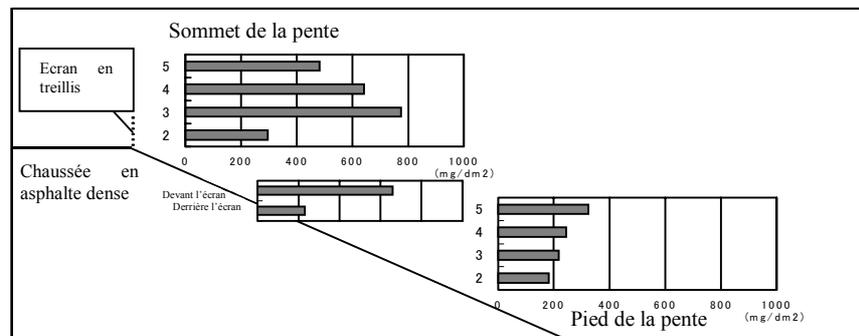
Comme indiqué, les volumes de sel aérien dans la zone de l'écran en treillis et dans la zone du mur antibruit sont plus faibles que dans la zone "sans contrôle". Les volumes de sel adsorbés sur les gazes au sommet de la pente indiquent que l'écran en treillis et le mur antibruit ont réduit les volumes de sel aérien aux hauteurs au-dessous de leurs hauteurs respectives. Dans les relevés, les volumes de sel aérien à une hauteur de 2 m étaient faibles parce que l'écran en treillis et le mur antibruit ont 2 m de hauteur. La Figure 10 indique les volumes de sel adsorbés sur la gaze des deux côtés de l'écran en treillis. Le volume de sel adsorbé sur la gaze à l'avant de l'écran en treillis a été d'environ 600 mg/dm<sup>2</sup>, alors qu'il a été d'environ 200 mg/dm<sup>2</sup> à l'arrière. Cela indique que l'écran en treillis a réduit le volume de sel aérien passant à cet emplacement à environ 1/3. Le volume de sel aérien adsorbé sur la gaze placée au pied de la pente a été d'environ 1/2 de la valeur "sans contrôle", indiquant que l'écran en treillis et le mur antibruit ont été efficaces même s'ils n'ont que 2 m de haut.

Pour les raisons ci-dessus, dans les zones sans mur antibruit ou remblai, JH utilise des écrans en treillis (H=2 à 3 m) le long des accotements de route pour réduire l'influence sur les environs.

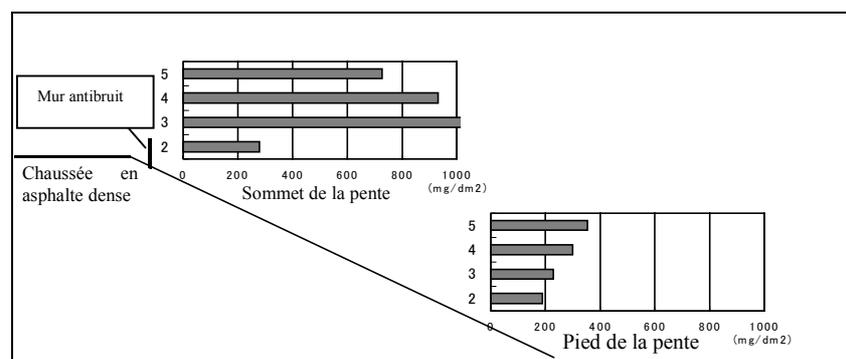
Comme les écrans en treillis le long des accotements des routes favorisent aussi la croissance des plantations d'arbres le long des routes, ils contribueront à la formation rapide de zones boisées.



**Figure 9 Mesures correctives: Aucune**



**Figure 10 Mesures correctives: Ecran en treillis (H=2 m)**



**Figure 11 Mesures correctives: Mur antibruit (H=2 m)**

## **5. Résumé**

Cette thèse rapporte les points suivants concernant les efforts de JH pour réduire l'impact sur l'environnement de l'application de sel fondant:

- (1) Pour les méthodes de mesure des volumes de sel soufflés au loin et retombant sur le sol, la méthode du conteneur, qui utilise des conteneurs d'échantillonnage installés à faibles hauteurs, et la méthode du caniveau sont utiles pour les pentes proches des accotements de route, et la méthode de l'entonnoir à des emplacements à 10 m ou plus des accotements en dehors de la voie principale. Le volume de sel transporté sur une distance de 10 m ou plus de l'accotement de la route est pratiquement nul.
- (2) La méthode de la gaze, qui utilise des pièces de gaze orientées verticalement, convient à la mesure du volume de sel aérien. Des mesures doivent être prises s'il y a des arbres fruitiers, des immeubles ou similaires face à l'autoroute et directement exposés aux vents parce que le volume de sel aérien à une distance de 40 m de l'accotement de la route ne varie pas considérablement de celui à une distance de 70 m.
- (3) La méthode de "salage humide" nouvellement introduite a réduit l'utilisation de sel de 20 à 30%, ce qui diminue le volume de sel soufflé loin de la route.
- (4) Comparée à la chaussée en asphalte dense, la chaussée en asphalte poreux réduit de moitié le volume de sel soufflé au loin. La chaussée en asphalte poreux peut pour cela être utilisée comme un moyen efficace de contrôle de la migration du sel.
- (5) Les dispositifs de blindage, tels qu'écran en treillis et mur antibruit, peuvent être utilisés pour réduire la migration du sel aérien au-dessous de la hauteur de ces installations. Dans les zones où la migration de sel aérien doit être contrôlée, des écrans en treillis sont installés pour réduire les effets défavorables sur l'environnement.

## **6. Remarques de conclusion**

Le sujet couvert par cette thèse est un sujet important qui doit être abordé pour assurer la circulation en hiver tout en assurant l'harmonie avec l'environnement. Les besoins de mesures précises du sel soufflé loin des autoroutes ne vont qu'augmenter de sorte que les mesures appropriées et rationnelles puissent être prises.