

COMPARAISON ENTRE DIFFERENTS TYPES DE BARRIERES A NEIGE PAR MODELISATION PHYSIQUE EN SOUFFLERIE CLIMATIQUE

Ibrahim Gurer* Takeshi Sato**, Kenji Kosugi**, Yasushi Kamata**, and Atsushi Sato**

*Gazi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Civil Engineering, Maltepe 06570 Ankara, Turkey.
E-mail adres:gurer@mmf.gazi.edu.tr

**Shinjo Branch, Nagaoka Institute of Snow and Ice Studies, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tokamachi, Shinjo, Yamagata 996-0091, Japan.
E-mail adres: tsato@bosai.go.jp

1. Résumé

Les barrières à neige sont utilisées pour réduire la formation des congères et augmenter la visibilité sur les routes. Il existe de nombreux types de barrières à neige à travers le monde. Onze barrières à neige (barrières japonaises collectrice et souffleuse, barrières chinoises verticale et inclinée, barrière du Wyoming, barrières russe, française, suédoise, canadienne et en béton) réduites approximativement à l'échelle 1/20 ont été réalisées. Elles ont été testées dans les mêmes conditions expérimentales de laboratoire dans la soufflerie climatique (Cryospheric Environmental Simulator (CES)) de Shinjo de l'Institut des Etudes de la Neige et de la Glace de Nagaoka (Nagaoka Institute of Snow and Ice Studies), dépendant de l'Institut National de Recherche des Sciences de la Terre et de la Prévention des Catastrophes Naturelles au Japon (National Research Institute of Earth science and Disaster Prevention). Pour chaque modèle, l'efficacité de stockage, le volume et la surface adimensionnelle de la congère, ainsi que sa forme au vent et sous le vent, ont été comparés.

Les résultats expérimentaux montrent que l'efficacité exprimée sous la forme d'une masse par unité de largeur par unité de temps est la plus importante pour le modèle Norvégien (4.544 g/cm/min) et la plus faible pour le modèle russe (0.788 g/cm/min). L'étude des paramètres physiques représentatifs des onze modèles testés montre que l'efficacité est reliée à la hauteur adimensionnelle de la barrière (h/H). Les longueurs adimensionnelles des congères sous le vent générées par l'ensemble des modèles varient de 1 à 26 L/H. Les modèles à lattes verticales génèrent des congères sous le vent plus longues et plus homogènes.

2. Introduction

Les vents de 4 m/s et plus entraînent l'arrachement des particules de neige de la surface du sol et les transportent sous forme de saltation et suspension jusqu'à ce qu'elles se déposent lors du ralentissement du vent, à proximité d'une barrière par exemple. Les barrières à neige sont mises en place à proximité des routes et autoroutes pour prévenir la formation des congères. A l'heure actuelle, deux types de barrières à neige sont couramment utilisés ; il s'agit de barrières à neige

artificielles (faites de la main de l'homme), en métal, bois ou plastique et de barrières à neige végétales constituées de rangées d'arbres ou d'arbustes.

Durant les vingt dernières années, le transport éolien de la neige a été modélisé par Iversen (1981), Pomeroy (1989), Naaim-Bouvet (1997), Sundsbo (1997) et étudié en détail par de nombreux chercheurs, entre autres Anno et Konishi (1981), Anno (1985), Naaim-Bouvet and Brugnot (1992) qui ont utilisés différents matériaux pour modéliser la neige. Mais les congères ont aussi été étudiées par des expérimentations réalisées in situ par Kobayashi (1979), Tabler (1991), Anno (1984), Kitami Institute of Technology (1986), Jairell et Schmidt (1987), Hachnell, et al. (1997). Une série d'expérimentations en soufflerie sur la structure de la couche de saltation a été conduite par Sato, et.al. (1999), Kosugi, et.al. (2000), Sato et Kosugi (2001) et la modélisation des barrières à neige japonaises à l'aide de neige artificielle a finalement été effectuée par Takeuchi et al. (2001).

Les tests in situ de modèles réduits de barrières à neige permettent de répondre à diverses questions : quelle est l'interaction entre barrière à neige et terrain, de quelle façon varie la visibilité durant la tempête, de quelle façon la barrière réduit le verglas sur les routes et augmente la visibilité pendant le blizzard ; la modélisation physique in situ permet de profiter d'importantes quantités de neige réelle sans avoir à supporter les dépenses relatives aux souffleries climatiques (soufflerie avec système de refroidissement permettant de produire ou d'utiliser de la neige). Cependant il n'est pas possible de contrôler la vitesse et la direction du vent comme on pourrait le faire dans des souffleries climatiques (Jariell and Schmidt, 1987). La géométrie de la congère et son développement doivent être respectés lors des modélisations in situ. Il a peu de données concernant la modélisation des congères in situ. Hachnell,et.al.(1997) ont comparé la géométrie et le développement d'une congère à l'échelle 1 avec des données expérimentales obtenues sur un modèle réduit en soufflerie climatique (avec de la neige) et ont conclu qu'il y avait certaines différences entre modèle et prototype, différences qui pouvaient résulter de la distorsion entre concentration de particules et longueur de trajectoire.

Lors d'une simulation de transport de neige par le vent en soufflerie climatique, la neige faiblement cohésive issue de la source d'alimentation, est mise en mouvement par la force de frottement exercées sur les particules de neige. Le transport de neige commence lorsque la contrainte de frottement τ_0 est supérieure à une valeur seuil qui dépend de la taille, de la forme et du poids des grains de neige ainsi que des forces de cohésion inter particulaires.

Il est généralement admis qu'il n'est pas possible de satisfaire simultanément l'ensemble des critères de similitude. Le modèle est donc distordu mais il reste à déterminer les effets de cette distorsion. Une modélisation correcte nécessite que la géométrie, le profil de l'écoulement et les trajectoires soient réduits à la même échelle. Dès lors profils de l'écoulement et trajectoires de particules auront les mêmes formes au niveau du prototype et du modèle.

La comparaison entre les différents modèles testés se fait en calculant les capacités de stockage, la garde au sol, le profil à saturation, l'emplacement de la congère au vent et sous le vent de la barrière et le taux de remplissage en fonction du temps. Ces expériences n'ont pas été réalisées en vue de tester les critères de similitude les plus adaptés à la modélisation mais en vue de comparer les différents types de barrières dans des conditions identiques de fonctionnement : vent, quantité de neige disponible, durée de la tempête, température et humidité.

3. Description des expériences

Les modèles réduits de onze barrières à neige différentes (Figure 1) ont été testés dans les mêmes conditions expérimentales dans la soufflerie climatique (Cryospheric Environmental Simulator (CES)) de l'Institut des Etudes de la Neige et de la Glace à Shinjo, dépendant de l'Institut National de Recherche des Sciences de la Terre et de la Prévention des Catastrophes Naturelles au Japon (Figure 2). La soufflerie à recirculation d'air est un circuit fermé avec une section d'études de 14 m de long, 1 m de large et 1 m de haut. La température de l'air, qui est contrôlée dans la chambre froide, varie de -30°C à 25°C .

Le modèle réduit est placé à l'intérieur de la soufflerie avec une vitesse de vent et un taux d'alimentation de neige constants et choisis par l'utilisateur ; les formes de dépôts sont déterminés et comparés pour les différents types de barrières (Figure 3).

L'échelle de réduction entre modèles et prototypes varie de 1/16 à 1/22 en fonction des différents éléments de bois commercialisés nécessaires à la construction du modèle. Un système d'alimentation en neige situé 4.5 m au vent du modèle injecte des particules de neige dans le flux d'air afin de permettre le développement du transport de neige. La neige récupérée après une expérience peut être réutilisée après avoir été broyée et tamisée pour être placée de nouveau dans le système d'alimentation. Il est possible aussi de placer cette neige au vent de l'expérience et de l'asperger d'eau afin de la rendre intransportable après refroidissement. Le taux d'alimentation en neige peut varier de 1% à 100% sachant que 100% correspond à 3.55 g/cm.s .

A partir du réservoir d'alimentation en neige, la neige transportée est emportée avec un taux de 4% ($0.148 \text{ g cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$), plus ou moins verticalement à partir de la surface neigeuse puis est accélérée sous le vent du réservoir en direction des barrières par les forces de frottement aérodynamique. Les particules de neige sont récupérées dans un filtre amovible placé sous le vent de la section d'études. La turbulence de l'écoulement à proximité des modèles est générée par la mise en place d'une surface rugueuse sur le fond en acier de la soufflerie en recouvrant ce dernier de tissu sur une surface de 80 cm par 150 cm.

La vitesse du vent est maintenue constante à 7 m/s (soit une vitesse de frottement de 0.29 m/s). La vitesse moyenne est approximativement horizontale et les particules peuvent atteindre une hauteur d'un peu moins de 10 cm au dessus du sol au vent des modèles ; on peut observer que les particules de neige en mouvement rebondissent le long et à proximité de la surface dans un mode de saltation.

La surface de neige et la rugosité sont mesurées par un capteur laser de déplacement (Figure 4). La plage de mesure du capteur est de 300mm±100 m et le rayon laser infrarouge permet une résolution de 50 µm. Les mesures de hauteur sont réalisées en l'absence de neige, c'est-à-dire au début de l'essai. Lorsque la congère s'est formée, des mesures identiques sont faites et la différence de hauteur au point de mesure correspond à la hauteur de l'accumulation. Les mesures sont répétées après chaque arrêt de la soufflerie de façon à déterminer la quantité de neige accumulée et la forme de la congère. Pour chaque modèle réduit testé, la densité de la neige de la congère et de la zone d'alimentation sont mesurées. Après chaque essai, lorsque la zone test a été déneigée, on recommence les mesures de hauteurs afin de vérifier qu'aucun changement n'est intervenu au niveau de la zone test ou de la rugosité.

L'analyse de la distribution des particules de neige alimentant la soufflerie pendant la durée des tests ainsi que celle des particules de neige sous le vent de la barrière est nécessaire pour déterminer, si possible, la proportion de particules traversant les barrières de différentes porosités.

Etant donné que la taille des particules de neige provenant du système d'alimentation augmente, le pourcentage des particules en saltation augmente et celui en suspension décroît.

Afin de déterminer la section en travers des particules de neige issues du système d'alimentation, un logiciel de traitement d'images de l'Institut National de la Santé (National Institutes of Health (NIH)) a été utilisé. A cette fin, pendant la durée des expériences des échantillons de neige ont été prélevés du système d'alimentation et photographiés au microscope avec une mire. Après une digitalisation des photographies de particules de neige à l'aide dudit logiciel, la surface et le diamètre équivalent de chaque particule de neige sont déterminés sous Excell. On peut ainsi avoir accès à la distribution des tailles des particules.

Les mesures de hauteurs de dépôts de congères générées par chaque barrière sont réalisées de façon continue à intervalles réguliers durant plus d'une heure pour certains modèles testés, durée nécessaire à l'obtention d'un profil d'équilibre. Le positionnement, la forme et la taille des congères sont adimensionnalisés par la hauteur des barrières (Tableau 1).

4. Analyse

Les dépôts de neige montrent des différences au niveau de la forme et de la quantité de neige accumulée. L'emplacement même des congères par rapport à la barrière diffère d'un modèle à l'autre.

Avant les expériences, la vitesse du vent dans la soufflerie climatique est rendue homogène et l'alimentation en neige ne débute que 5 minutes plus tard. Le profil vertical de vitesse du vent dans cette même soufflerie et pour les mêmes configurations géométriques a été étudié en détail par Takeuchi et al. (2001) pour une vitesse moyenne du vent de 7 m/s. C'est pourquoi, les mesures de profils verticaux de vitesses n'ont pas été répétées.

Les trois analyses de distribution des particules de neige effectuées durant les tests montrent que le système d'alimentation en neige permet d'obtenir une distribution de particules semblable qui s'ajuste sur une distribution statistique de type Gamma. Le diamètre moyen des particules varie entre 0.323 mm et 0.406 mm. Les valeurs de densité de la neige sont fournies dans le tableau 1.

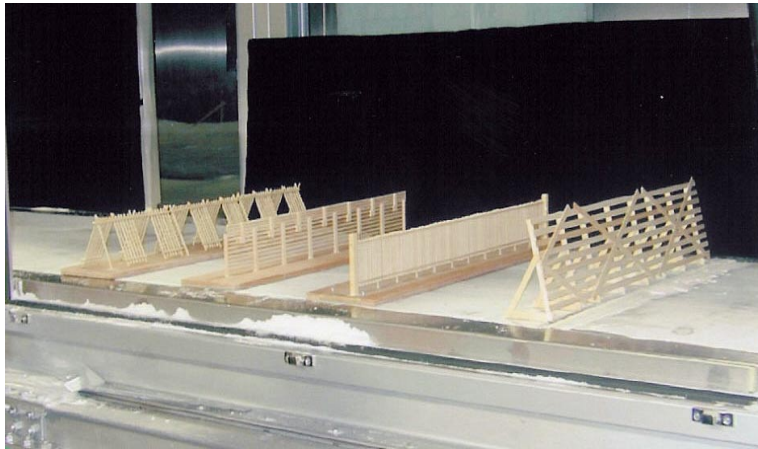


Figure 1. Modèles réduits des barrières à neige testées (de droite à gauche les barrières du Wyoming, canadienne, norvégienne et russe) dans la soufflerie climatique

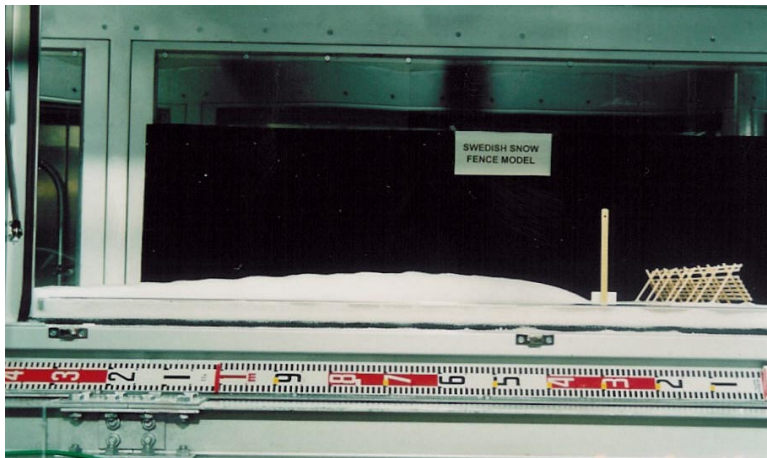


Figure 3. Congère sous le vent générée par un modèle réduit de barrière à neige (de type suédoise)

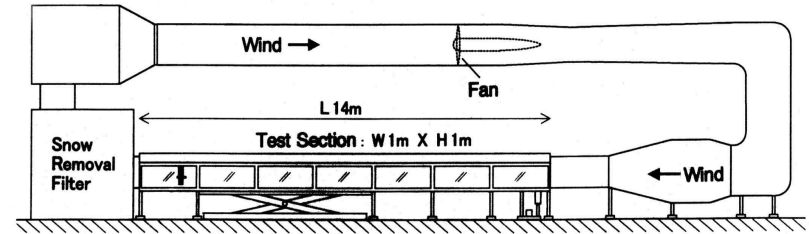


Figure 2. Schéma de la soufflerie climatique de Shinjo (Wind=vent, Snow removal filter= filtre de neige amovible, test section= section test) (Sato And Kosigi, 2001).

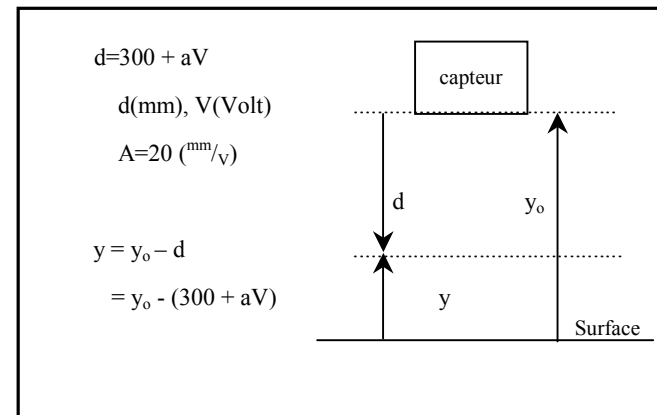


Figure 4. Capteur de déplacement laser

La procédure pour pouvoir calculer la hauteur réelle de la congère générée sous le vent de la barrière est la suivante : tout d'abord, avant le début de l'essai, la rugosité de la zone test à proximité de la barrière est déterminée le long de l'axe principal ($Y=0.0$) et sur les extrémités droite ($Y=-60.0$) et gauche ($Y=60.0$), puis sont enregistrées comme « cas en l'absence de neige »

La mesure des points étant discontinue, les autres points du profil sont extrapolés à partir d'une courbe d'ajustement qui servira de référence pour les calculs ultérieurs visant à déterminer la hauteur de l'accumulation de neige.

Les profils longitudinaux le long de la congère au vent (si cette dernière s'est formée) et sous le vent sont déterminés en mesurant les hauteurs de neige à 5,10,15,20,25,35,45,55,70,75 minutes (Figure 5) en utilisant les mêmes techniques le long des trois profils longitudinaux que dans le cas « absence de neige ». Du fait de la forme de la congère, trois profils sont généralement mesurés. La différence permet d'obtenir la hauteur réelle de neige et le taux de neige accumulé qui correspond à la capacité de stockage de la barrière.

Lorsque l'essai est terminé, les mesures « en l'absence de neige » sont recommencées afin de voir si il y a une différence au niveau de la rugosité dans la section test et pour les sections transversales et pour les sections longitudinales mesurées pendant les expériences. Si le capteur de déplacement ne peut être utilisé à proximité des murs de la soufflerie climatique, les hauteurs de neige sont mesurées manuellement.

5. Résultats et discussion

Le test de l'ensemble des barrières à neige a été réalisé en 4 séries d'expériences ; Juin, Juillet, Août et Octobre 2000. A chaque série d'expériences, trois étapes sont observées. La première étape consiste en la préparation du dispositif expérimental qui couvre la mesure de la rugosité et des irrégularités sur la zone de test pour la configuration « absence de neige » en utilisant un capteur de déplacement. La seconde étape vise à mesurer le profil de la congère à sept ou huit intervalles indépendants et la troisième et dernière étape correspond à la mesure de la distribution de la taille des grains et de la densité de la neige accumulée et de la neige de la zone d'alimentation ainsi qu'à la mesure de la rugosité de la zone test une fois cette dernière déneigée.

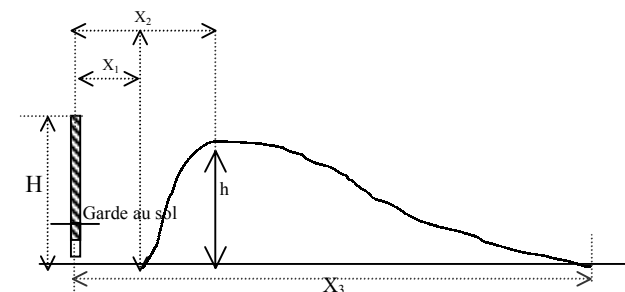
Les paramètres géométriques des modèles réduits testés, la durée des expériences et les valeurs adimensionnelles de l'ensemble des résultats sont classés dans le tableau 1.

Après l'achèvement de l'ensemble des expériences réalisées dans la soufflerie climatique, la hauteur maximale de la congère, les distances entre la barrière et le début de la congère et entre la barrière et la fin de la congère ont été adimensionnalisées, comme montré sur la figure 5 dans le cas de la barrière norvégienne. La variation de la hauteur maximale adimensionnelle en fonction de la distance adimensionnelle à la barrière est représentée sur la figure 6. L'évolution de la masse par unité de longueur en fonction du temps est représentée sur la figure 7. La relation entre la masse de la congère et la masse par unité de largeur pour l'ensemble des modèles réduits de barrières testées est représentée sur la figure 8.

Tableau 1. Paramètres géométriques des modèles de barrières à neige et résultats expérimentaux (*1)

A	B	C	D	E	F	G	G'	H	I	J	K	L	L'
Type de barrière à neige	H Hauteur [mm]	L Longueur [mm]	Surface totale [mm ²]	Surface des vides [mm ²]	Porosité [%]	Hauteur de la garde au sol [mm]	Hauteur adimensionnel le de la garde au sol	Inclinaison [α°]	Echelle	Densité de la congère [g/cm ³]	Densité de la neige dans la zone d'alimentation [g/cm ³]	Wt (poids) de la congère [g]	h/H (hauteur de neige)
Wyoming	158	762	110490	35728	32,3	15	0,0949	75	1/20	0,377	0,424	17973,4	0,961
Collectrice japonaise	178	610	87840	14325	16,3	35	0,1966	90	1/20	0,388	0,446	7740,9	0,686
Norvégienne	97	700	60900	18060	29,7	10	0,1031	90	1/22,6	0,417	0,443	8250,2	0,882
Béton	67	750	41250	10240	24,8	12	0,1791	90	1/19,4	0,431	0,423	7734,3	0,998
Canadienne	90	800	64000	32120	50,2	10	0,1111	90	1/15,4	0,455	0,457	12305,4	0,645
Suédoise	80	800	72000	28960	40,2	10	0,1250	60	1/20	0,502	0,471	16820,6	0,875
Française	100	805	64400	2850	44,3	20	0,2000	90	1/20	0,490	(*3) 0,461	24909,0	0,879
Verticale chinoise	275	755	151000	30525	20,2	75	0,2727	90	1/20	0,466	0,450	15219,8	0,373
Russe	100	760	79800	49170	61,6	5	0,0500	60	1/20	(*3) 0,457	0,457	3573,5	0,271
Inclinée chinoise	265	755	151000	30525	20,2	75	0,2830	70	1/20	0,512	(*3) 0,468	19401,1	0,238
Souffleuse japonaise	160	610	63440	(*2)	(*2)	56	0,3500	90	1/22	0,511	(*3) 0,467	1708,5	0,250

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
Type de barrières à neige	Durée du test [min]	X1/H	X2/H	X3/H	Efficacité de stockage total g/cm ²	Efficacité de stockage par unité de temps 1 g/cm ² /min	Efficacité de stockage par unité de temps 2 g/cm ² /min (*4)	Masse de la congère par unité de longueur (*4) [g/cm]	Masse de la congère par unité de longueur par unité de temps [g/cm/min]
Wyoming	75	1,359	4,225	15,384	16,267	0,217	0,960	316,703	4,223
Collectrice japonaise	55	2,397	3,318	10,156	8,812	0,160	0,444	140,398	2,553
Norvégienne	35	1,244	4,068	14,842	13,547	0,387	2,505	159,031	4,544
Béton	35	1,340	4,910	17,904	18,750	0,536	4,923	151,347	4,324
Canadienne	55	4,637	10,202	21,911	19,227	0,350	2,762	248,164	4,512
Suédoise	125	2,130	7,971	26,446	23,362	0,187	2,103	355,798	2,846
Française	120	1,911	6,333	22,241	38,679	0,322	2,076	468,238	3,902
Verticale chinoise	125	3,884	4,856	8,713	10,079	0,081	0,161	280,614	2,245
Russe	125	2,608	6,556	17,158	4,478	0,036	0,286	98,499	0,788
Inclinée chinoise	120	4,031	5,039	9,042	12,848	0,107	0,230	226,040	1,884
Souffleuse japonaise	90	3,578	4,728	8,916	2,693	0,030	0,074	101,439	1,127



- (*1) Déterminé par mesures sur les modèles de barrières
- (*2) Non connu
- (*3) Estimée par calcul
- (*4) Par unité de longueur

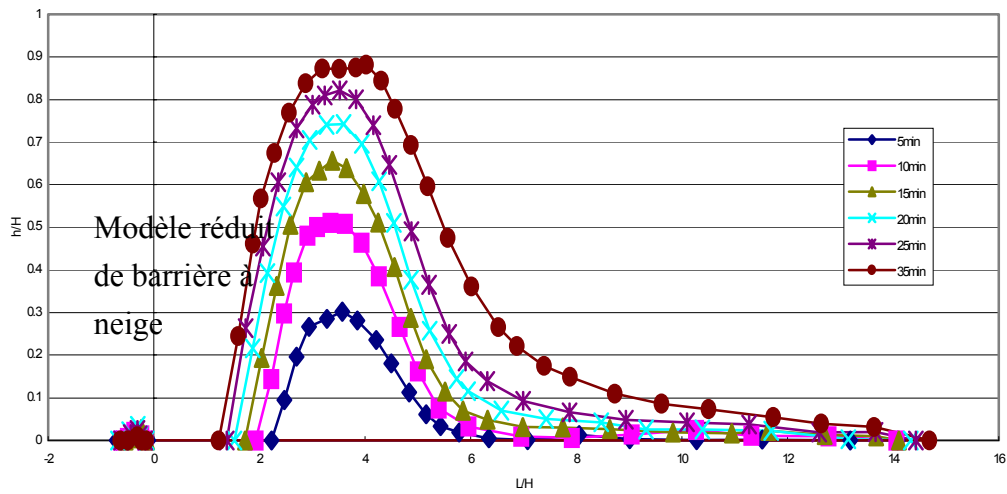


Figure 5. Evolution de forme de la congère au droit de la barrière norvégienne en fonction du temps

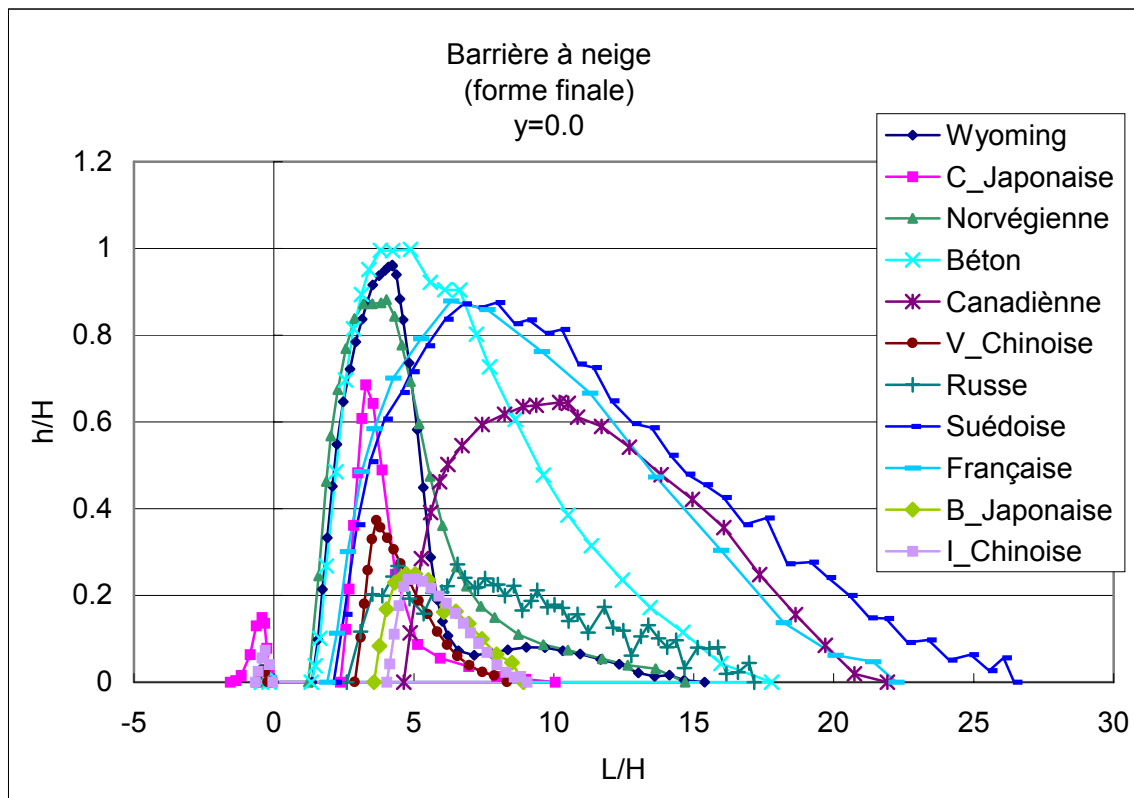


Figure 6. Evolution de la hauteur adimensionnelle de la congère en fonction de la distance adimensionnelle à la barrière pour l'ensemble des modèles réduits de barrières à neige testées

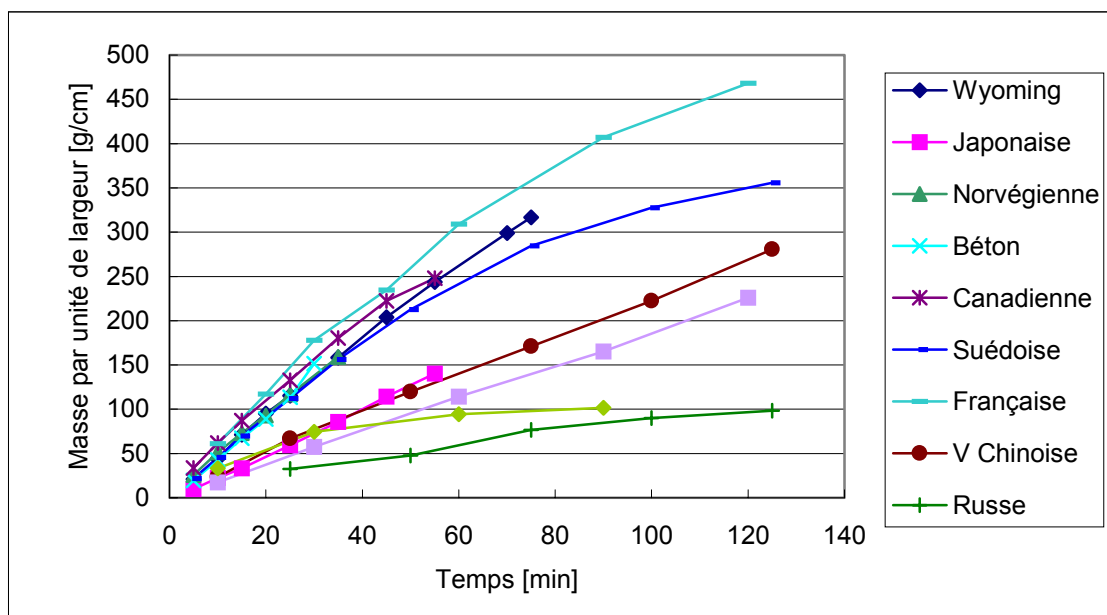


Figure 7. Variation de la masse par unité de largeur en fonction du temps

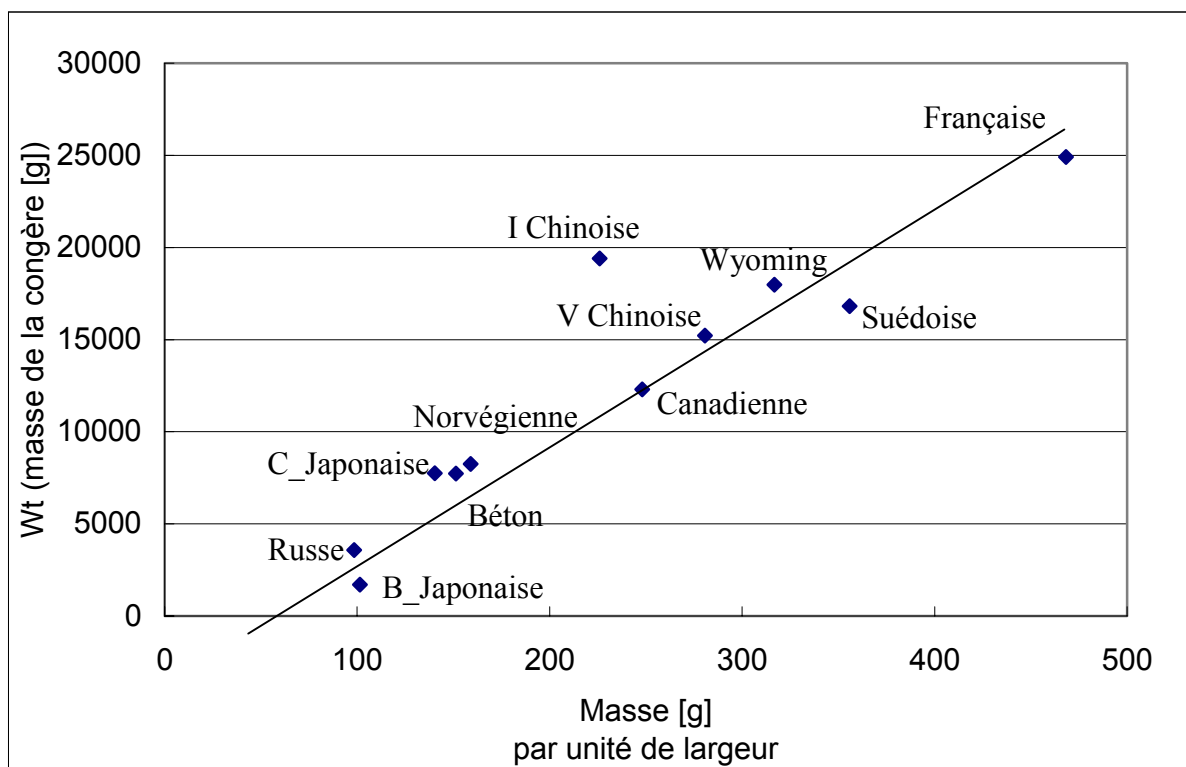


Figure 8. Relation entre la masse de la congère et la masse par unité de largeur pour l'ensemble des modèles réduits de barrières testées

6. Conclusion générale

Lorsque les formes finales des congères sont comparées (Figure 6), on peut observer que la hauteur maximale des congères générées par les barrières norvégiennes, verticales japonaises, verticales chinoises, et du Wyoming est située à 4 fois la hauteur de la barrière contrairement aux barrières inclinées chinoises, aux barrières françaises, canadiennes et suédoises pour lesquelles ce rapport est variable. Dans le cas de la barrière russe, on peut observer des ondulations à la surface de la congère, de même que dans le cas de la barrière suédoise où les ondulations sont toutefois moins marquées.

La congère sous le vent est plus proche de la barrière dans le cas des barrières en béton, des barrières norvégiennes ou du Wyoming et plus éloignée dans le cas des barrières canadiennes, inclinées chinoises et souffleuses japonaises, les autres barrières conduisant à un positionnement intermédiaire.

La fin de la congère, c'est-à-dire l'endroit où le bas coté de la route peut être positionné, est situé à 10 fois la hauteur de la barrière pour les barrières collectrices et souffleuses japonaises et les barrières chinoises inclinées et verticales alors que pour les autres ce ratio est compris entre 15 et 27 (L/H). Il est cependant important de se rappeler que la hauteur minimale des barrières prototype du premier groupe est de 3.5 m.

La congère au vent est plus particulièrement visible pour les barrières japonaises et chinoises (verticales et inclinées) et moindre dans le cas des barrières norvégiennes et du Wyoming.

Si l'on compare le temps nécessaire à l'obtention de la congère à saturation, on constate que le temps le plus court est obtenu pour les barrières à plus faible porosité alors que les barrières à plus forte porosité conduisent à des temps plus longs. Cependant la garde au sol joue aussi un rôle important.

7. Remerciements

Cette recherche a été rendue possible par une allocation de l'agence de la Science et de la Technology au Japon (Science and Technology Agency) attribuée au premier auteur de cet article. Qu'elle en soit ici remerciée. Les auteurs remercient plus particulièrement le Dr F. Naaim-Bouvet pour la traduction française de l'article, Y.Kamata et T.Takeda pour leur participation au bon fonctionnement de la soufflerie et leurs aides précieuses lors des mesures et de l'analyse des tailles de grains ainsi que F.Naaim-Bouvet et Xu JunRong pour avoir fourni les dimensions des barrières à neige prototype respectivement pour la France et la Chine.

8. Références

- Anno, Y., (1984). "Applications of Anno's modeling conditions to outdoor modeling of snowdrifts." *Cold Regions Science and Technology* 9: 179-181.
- Anno, Y., (1985). "Modelling a snowdrift by means of activated clay particles." *Annals of Glaciology* 6: 48-52.

- Anno, Y., Konishi, T., (1981). "Modelling the effects of a snowdrift preventing forest and a snow fence by means of activated clay particles." *Cold regions science and Technology* 5: 43-58
- Haehnell,R.B., Lever,J.H. and Tabler,R.D., (1997). "Field Measurements of Snowdrift Development Rate." Western Snow Conference, Banff, Canada.
- Iversen, J. D., (1981). "Comparison of wind-tunnel model and full-scale snow fence drifts." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 8: 231-249.
- Jairell,R.L. and R.A.Schmidt., (1987). "Constructing Scaled Models for Snow Drift Tests Outdoors". Western Snow Conference (Vancouver, BC, Canada) Proceedings 56: 170-173.
- Kitami Institute of Technology, (1986). Studies on Improvement of Snow Fences, sponsored by Sanwa Shatter Co, (Report in Japanese),212 p.
- Kobayashi,S., (1979). "Studies on Interaction Between Wind and Dry Snow." *The Institute of Low Temperature Science, A:No:29,pp1-64*
- Kosugi, K., Sato,T., Sato,A., Sugiura,K., Nishimura, K., Maeno, N., (2000). "Saltation Lengths of Drifting-snow Particles over Hard-snow Surfaces." *Int. Symp. On Snow,Avalanches and Impact of the forest,Insbruck, Austria*
- Naaïm,F., Brugnot G., (1992). "Transport De la Neige par le Vent." Cemagref, Division Nivologie, France.
- Naaïm-Bouvet, F., (1997). "Contribution a la Modelisation Physique et numerique du Transport de Neige par le Vent." (Ph.D.Thesis, University of Grenoble)
- Pomeroy, J. W., (1989). "A Process-based Model of Snow Drifting." *Annals of Glaciology* 13: 237-240.
- Sato,T., Kosugi,K., Sato, A., (1999). "Wind Tunnel Experimentsof Drifting Snow Using Snow Particles." *Cold Region Conference, pp 50-54, Japan.*
- Sato, T., Kosugi, K., (2001). "Saltation Layer Structure of Drifting Snow Observed in Wind Tunnel" *Annals of Glaciology, 32.*
- Sundsbo ,P., (1997). "Numerical Modelling and Simulation of Snow Drift." *Applications to Snow Engineering, NTNU Engineering Doctorate Thesis, Trondheim.*
- Tabler, R. D., (1980). "Self-similarity of Wind Profiles in Blowing Snow Allows Outdoor Modeling." *Journal of Glaciology* 26(94): 421-434.
- Tabler, R. D., (1991). "Snow Fence Guide." Washington, National research Council, Strategic Highway Research Program.
- Tabler, R. D. and L. Jairell, (1980). "Studying Snowdrifting Problems with Small-scale Models Outdoors." Western Snow Conference.
- Takeuchi,Y., Kobayashi,S., Sato,T., Izumi, K., Kosugi, K., Wang,X.,Zhang, J., Peng,Y., (2001). "The Effect Of Wind Direction on Drift Control by Snow Fences." *Annals of Glaciology, 32, 159-162.*