

# Évaluation des méthodes d'essai pour déterminer la résistance au glissement des chaussures sur des surfaces glacées

Document synthèse

Chantal Gauvin  
Atena Roshan Fekr  
Yue Li  
Gordon Wong  
Wayne Cheng  
David Pearsall  
Tilak Dutta

DOCUMENT  
SYNTHÈSE

DT-1136-fr



## NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

**Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.**

### Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail.

### Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST ([preventionautravail.com](http://preventionautravail.com))
- au bulletin électronique [InfoIRSST](#)

### Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021  
ISBN 978-2-89797-197-7 (PDF)  
(Édition originale : ISBN 978-2-89797-189-2)

© Institut de recherche Robert-Sauvé  
en santé et en sécurité du travail, 2021

IRSST - Direction des communications, de la veille  
et de la mobilisation des connaissances  
505, boul. De Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : 514 288-1551  
[publications@irsst.qc.ca](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)

# Évaluation des méthodes d'essai pour déterminer la résistance au glissement des chaussures sur des surfaces glacées

## Document synthèse

Chantal Gauvin<sup>1</sup>, Atena Roshan Fekr<sup>2</sup>, Yue Li<sup>2</sup>, Gordon Wong<sup>2</sup>,  
Wayne Cheng<sup>2</sup>, David Pearsall<sup>3</sup>, Tilak Dutta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> IRSST

<sup>2</sup> Institut de recherche KITE – Toronto Rehabilitation Institute,  
Réseau universitaire de santé

<sup>3</sup> Université McGill

DOCUMENT  
SYNTHÈSE

DT-1136-fr



### Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.



Pour plus d’information sur cette étude, veuillez consulter les publications suivantes (en anglais seulement) :

Gauvin, C., Roshan Fekr, A., Li, Y., Wong, G., Cheng, W., Pearsall, D. et Dutta, T. (2021). Evaluation of test methods for determining footwear slip resistance on ice surfaces (Rapport n° R-1136-en). Montréal, QC: IRSST.

Roshan Fekr, A., Li, Y., Gauvin, C., Wong, G., Cheng, W., Fernie, G. et Dutta, T. (2021). Evaluation of winter footwear: Comparison of test methods to determine footwear slip resistance on ice surfaces. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 405. doi: 10.3390/ijerph18020405



## **TABLE DES MATIÈRES**

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. CONTEXTE .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJECTIFS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. MÉTHODES .....</b>	<b>5</b>
<b>4. RÉSULTATS .....</b>	<b>9</b>
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>15</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>17</b>





## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1.	Dix modèles de bottes de travail d’hiver .....	6
------------	--	---



## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Phase 1 : L’appareil de mesure SATRA STM 603 et le bac à glace réfrigéré utilisés dans la méthode d’essai mécanique (phase 1) pour évaluer la résistance au glissement entre les chaussures et les surfaces glacées. ....	5
Figure 2.	Phase 2 : (a) WinterLab monté sur une base mobile à commande hydraulique pour créer des pentes pouvant être graduellement accentuées; (b) Intérieur du WinterLab. ....	7
Figure 3.	Phase 3 : (a) Le test de marche sur surface plane à l’intérieur du WinterLab, faisant appel à un système de suivi de mouvement passif qui enregistre la position des marqueurs fixés aux chaussures. (b) Marqueurs placés au niveau des orteils, du milieu du pied et du talon de la botte. ....	8
Figure 4.	Phase 1A : Les données de température enregistrées à partir des bacs à glace SATRA (de l’IRSST et du KITE) et au WinterLab sous conditions (a) de glace sèche et (b) de glace fondante. ....	10
Figure 5.	Phase 1B : Comparaison des valeurs globales de CdF obtenues à l’IRSST et au KITE pour 10 modèles de bottes évalués à l’aide de la méthode d’essai mécanique dans des conditions de glace sèche et fondante.....	11
Figure 6.	Phase 2 : Comparaison du CdF issu du test MAA axé sur la personne et du CdF global obtenu avec la méthode d’essai mécanique dans les laboratoires de l’IRSST et du KITE pour 10 modèles de bottes dans des conditions de glace sèche et fondante. ....	12



## 1. CONTEXTE

Glisser sur la glace est l'un des principaux risques inhérents aux activités professionnelles exercées à l'extérieur en hiver (Grönqvist et Hirvonen, 1995; Gao, Homér et Abeysekera 2008). Au Québec, entre 2014 et 2016, la glace et la pluie verglaçante étaient en cause dans 14 % des accidents de chute et glissade (Boucher, 2019). De nombreux travailleurs qui exercent des activités à l'extérieur comptent sur leurs chaussures pour les empêcher de glisser (Gauvin *et al.*, 2014; Bagheri, Patel, Li, Morrone *et al.*, 2019). Cependant, le choix des meilleures bottes antidérapantes pour l'hiver s'avère difficile. À l'heure actuelle, les méthodes d'essai normalisées qui existent (ASTM International, 2019, F2913-19; International Organization for Standardization [ISO], 2019, 13287:2019) pour évaluer la résistance au glissement des chaussures le font sur des surfaces autres que la glace, par exemple sur de la céramique ou de l'acier inoxydable, en condition sèche, mouillée ou huilée. Ces méthodes utilisent l'appareil de mesure SATRA STM 603 (SATRA Technology Centre, Northamptonshire, Royaume-Uni) pour évaluer le coefficient de friction (CdF) des chaussures. Or, cet appareil peut être utilisé en tandem avec une machine à glace SATRA permettant de fabriquer des surfaces glacées dans un bac à glace réfrigéré. La méthode d'essai propriétaire SATRA TM144:2011 (SATRA Technology, 2011), fournie avec l'appareil, donne des indications générales pour évaluer le CdF des chaussures sur de la glace givrée et lisse. Cependant, peu d'information a été publiée sur la fabrication de surfaces glacées et sur la validité de la méthode d'essai avec le bac à glace. En guise d'alternative, une méthode d'essai axée sur la personne et appelée le test MAA (MAA pour *Maximum Achievable Angle* en anglais, c.-à-d. le test de l'angle maximum atteignable) a été récemment développée par l'Institut de recherche KITE, situé au Toronto Rehabilitation Institute – Réseau universitaire de santé (Hsu, Li, Dutta et Fernie, 2015; Hsu *et al.*, 2016; Bagheri, Patel, Morrone *et al.*, 2019; Bagheri, Patel, Li, Rizzi *et al.*, 2019). Les tests y sont effectués avec des sujets humains à l'intérieur de leur WinterLab (laboratoire d'hiver), qui dispose d'un sol de glace pouvant atteindre des températures au-dessous de zéro et pouvant être incliné grâce à une base mobile à commande hydraulique. Le test MAA évalue la résistance au glissement des chaussures sur des surfaces glacées en mesurant la pente la plus prononcée que les sujets, portant les chaussures d'essai et un harnais de sécurité, peuvent monter et descendre sans glisser (Bagheri, Patel, Morrone *et al.*, 2019; Bagheri, Patel, Li, Rizzi *et al.*, 2019).



## 2. OBJECTIFS

Cette étude visait à développer et à évaluer une méthode d'essai mécanique utilisant l'appareil de mesure SATRA STM 603 pour déterminer la résistance au glissement des chaussures sur des surfaces glacées, et à la comparer au test MAA axé sur la personne développé par le KITE. Cette étude a été divisée en trois phases dont les objectifs étaient les suivants :

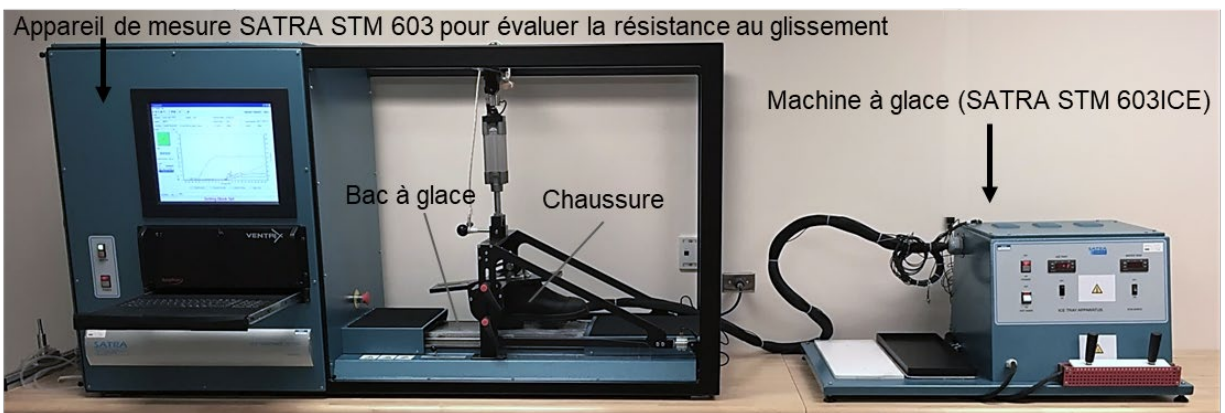
- Phase 1 :**
- A)** Développer la méthode d'essai mécanique alternative basée sur les protocoles de test existants en déterminant notamment les conditions de glace. Afin de comparer cette méthode mécanique au test MAA, les conditions de glace de ces deux approches devaient être comparables.
  - B)** Évaluer la répétabilité et la reproductibilité de la méthode d'essai mécanique alternative dans deux laboratoires distincts – l'un à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), et l'autre au KITE.
- Phase 2 :** Comparer la méthode d'essai mécanique avec la méthode du test MAA pour évaluer la résistance au glissement des chaussures sur des surfaces glacées.
- Phase 3 :** En cas d'incohérences entre les résultats des tests mécaniques et des tests MAA axés sur la personne, évaluer l'approche la plus fiable pour classer les chaussures en utilisant un autre test centrée sur l'humain et consistant à marcher sur une surface glacée plane, afin de refléter plus fidèlement les conditions du monde réel.





### 3. MÉTHODES

**Phase 1A.** Un protocole de préparation de la glace a été mis au point pour le bac à glace SATRA afin d'obtenir deux surfaces glacées comparables à celles du WinterLab : une surface de glace sèche (lisse et froide) et une surface de glace fondante (près du point de congélation). La température réelle de la glace obtenue avec les bacs à glace SATRA a été mesurée dans les laboratoires de l'IRSST et du KITE au moyen de thermistances. Un protocole de test a aussi été défini à partir des normes existantes ASTM F2913 et SATRA TM144 (ASTM International, 2019; SATRA Technology, 2011), en utilisant l'appareil de mesure SATRA STM 603 et le bac à glace réfrigéré (figure 1).



**Figure 1. Phase 1 : L'appareil de mesure SATRA STM 603 et le bac à glace réfrigéré utilisés dans la méthode d'essai mécanique (phase 1) pour évaluer la résistance au glissement entre les chaussures et les surfaces glacées. La méthode consiste à appliquer une force verticale à la chaussure d'essai contre la surface glacée. La surface d'essai se déplace alors horizontalement à vitesse constante. Le CdF pour chaque essai est obtenu en calculant le rapport force horizontale (friction)/force verticale (contact), telles qu'enregistrées pendant l'essai.**

**Phase 1B.** Dix modèles de bottes de travail (6 pour hommes et 4 pour femmes, tableau 1) ont été testés dans les deux laboratoires sur des surfaces glacées sèches et fondantes selon différents modes de glissement. La majorité des modèles a été choisie avec l'aide de représentants de milieux de travail, notamment de services de police, de services de lutte contre les incendies et de services municipaux. La méthode d'essai mécanique développée dans la phase 1A a été utilisée pour évaluer le CdF des bottes. Des analyses statistiques ont été effectuées pour évaluer la concordance entre les résultats obtenus dans les deux laboratoires.

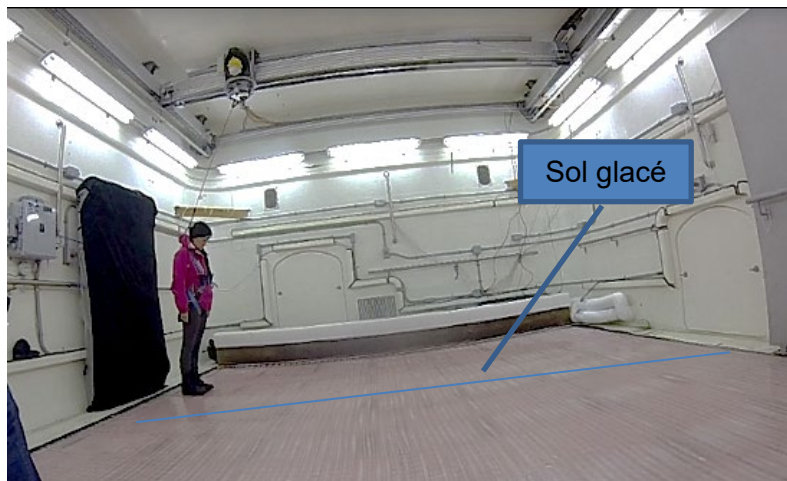
**Tableau 1. Dix modèles de bottes de travail d'hiver**

Botte ID	Modèle		Dureté de la semelle (Shore A)
F1			Homme 71,0 ± 1,5
F2			Femme 80,5 ± 0,9
F3			Femme 71,3 ± 0,9 (partie noire) 77,2 ± 0,7 (partie orange)
F4			Homme 73,4 ± 1,1
F5			Homme 75,7 ± 0,9
F6			Femme 74,9 ± 1,2 (partie noire)
F7			Femme 67,0 ± 0,5
F8			Homme 63,4 ± 2,0
F9			Homme 64,4 ± 2,3
F10			Homme 62,6 ± 0,9 (partie noire) 73,1 ± 2,0 (Arctic Grip)

**Phase 2.** Les dix mêmes modèles de bottes que dans la phase 1B ont été soumis au test MAA dans le WinterLab (figure 2). Chaque modèle pour femmes a été testé par quatre sujets de sexe féminin, et chaque modèle pour hommes a été testé par quatre sujets de sexe masculin. Les scores MAA ont été convertis en valeurs de CdF en prenant la tangente de l'angle. Des analyses statistiques ont été effectuées pour évaluer la concordance entre les mesures obtenues selon la méthode d'essai mécanique dans les deux laboratoires durant la phase 1B, et selon la méthode d'essai axée sur la personne (test MAA).



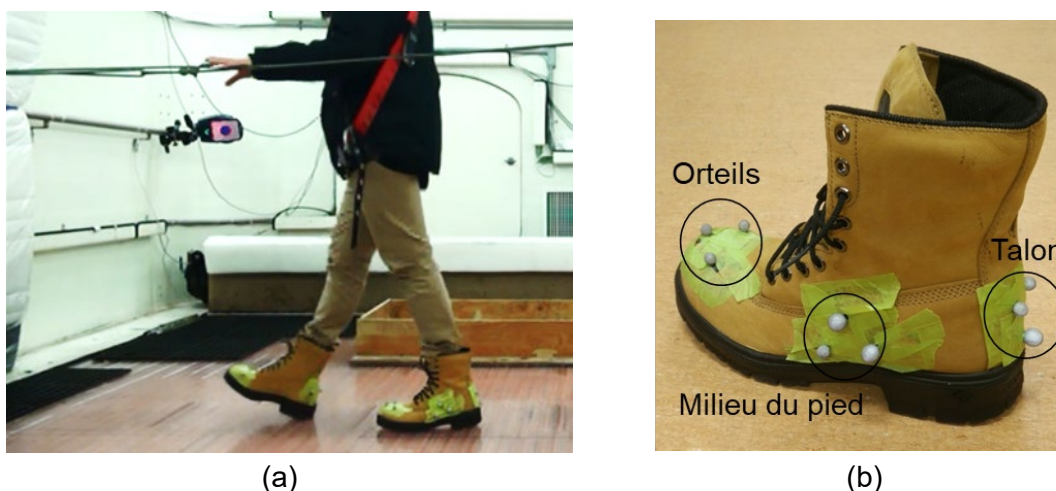
(a)



(b)

**Figure 2. Phase 2 : (a) WinterLab monté sur une base mobile à commande hydraulique pour créer des pentes pouvant être graduellement accentuées; (b) Intérieur du WinterLab. Le score MAA correspond à la pente la plus prononcée que les participants portant des chaussures d'essai et un harnais de sécurité peuvent monter et descendre sans qu'il y ait glissement des deux pieds.**

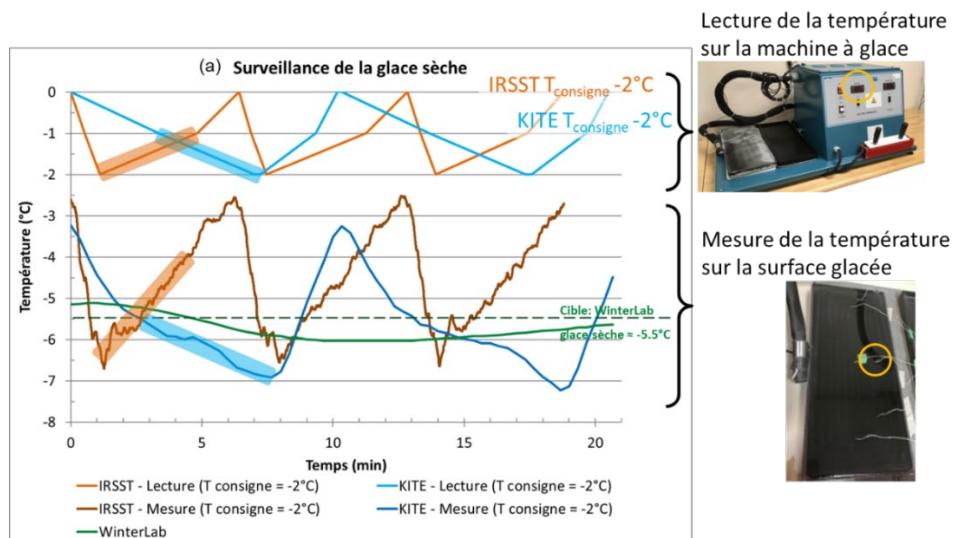
**Phase 3.** Comme certains résultats obtenus dans la phase 2 présentaient des incohérences, la phase 3 a été réalisée avec deux des dix modèles de bottes dans le WinterLab (F1 et F5, voir tableau 1). Les bottes testées dans la phase 2 affichaient des résultats d'évaluation contradictoires sur glace fondante (résistance au glissement similaire avec la méthode mécanique, mais significativement différente selon le test MAA). Comme le risque de glissade est plus grand sur glace fondante que sur glace sèche, la glace fondante a été choisie pour cette partie de l'étude. La méthode d'essai utilisée, centrée sur l'humain, consistait en un test de marche sur surface plane développé par l'équipe de recherche du KITE et faisant appel à un système de suivi de mouvement passif (figure 3). Cette méthode a permis de mesurer le nombre de glissades encourues par cinq participants invités à faire des allers-retours le long d'un tracé linéaire à un rythme régulier pendant cinq minutes en portant les bottes d'essai et un harnais de sécurité.



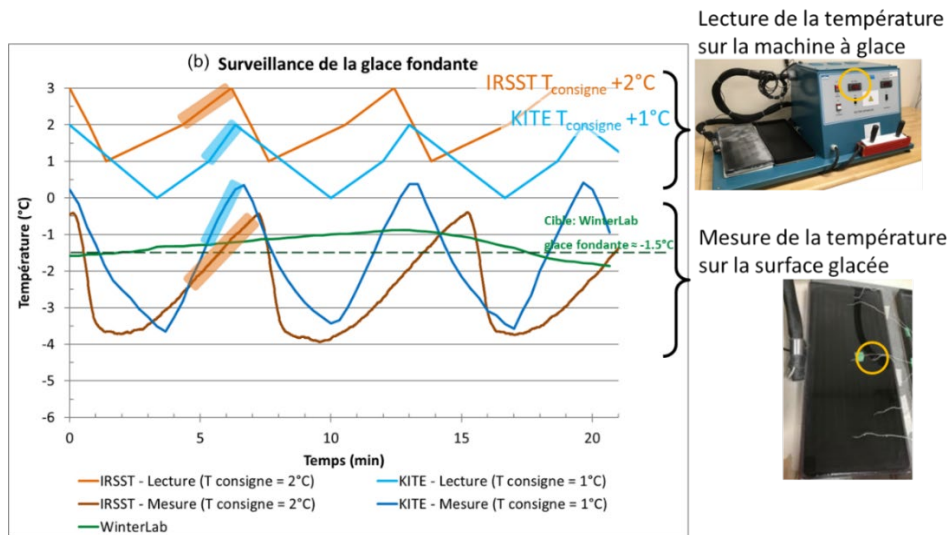
**Figure 3. Phase 3 : (a) Le test de marche sur surface plane à l'intérieur du WinterLab, faisant appel à un système de suivi de mouvement passif qui enregistre la position des marqueurs fixés aux chaussures. (b) Marqueurs placés au niveau des orteils, du milieu du pied et du talon de la botte. Le test de marche sur surface plane permettait de mesurer le nombre de glissades encourues par les participants faisant des allers-retours le long d'un tracé linéaire à un rythme régulier pendant cinq minutes en portant les bottes d'essai et un harnais de sécurité.**

## 4. RÉSULTATS

**Phase 1A.** La surveillance de la température de la glace du bac à glace à l'aide de thermistances a révélé que la température de la surface glacée était inférieure à la température de consigne, et qu'elle fluctuait en fonction du cycle de réfrigération du bac à glace, lequel correspondait au cycle d'arrêt-démarrage du compresseur permettant à l'appareil de maintenir la température de consigne. Ces fluctuations présentaient des variations légèrement différentes entre les laboratoires de l'IRSST et du KITE (figure 4). Par conséquent, des températures de consigne spécifiques et des plages de températures restreintes aux fins d'essais sur surfaces de glace sèche et fondante ont été fixées pour chaque laboratoire afin de s'assurer que les températures de glace mesurées à l'aide des thermistances soient aussi comparables que possible dans les deux laboratoires (entre  $-6,0$  et  $-5,0$  °C pour la glace sèche, et entre  $-2,0$  et  $-0,5$  °C pour la glace fondante) et aussi près que possible des températures de glace du WinterLab du KITE ( $-5,0 \pm 1,0$  °C pour la glace sèche, et  $-1,5 \pm 1,0$  °C pour la glace fondante). Tout givre se formant naturellement sur la surface glacée dans des conditions ambiantes était éliminé en essuyant la surface glacée avec un chiffon humide au début des tests. Cela permettait de faire en sorte que les surfaces glacées du bac à glace SATRA s'apparentent mieux aux surfaces lisses du WinterLab.

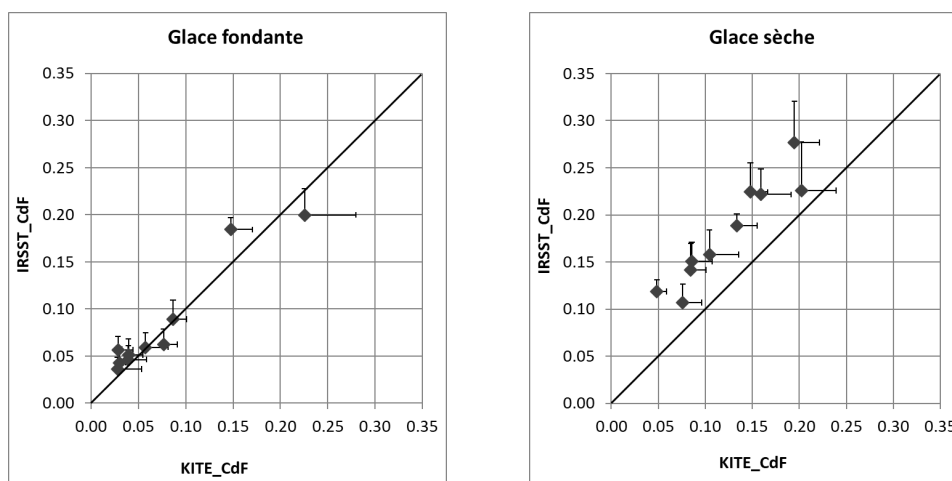






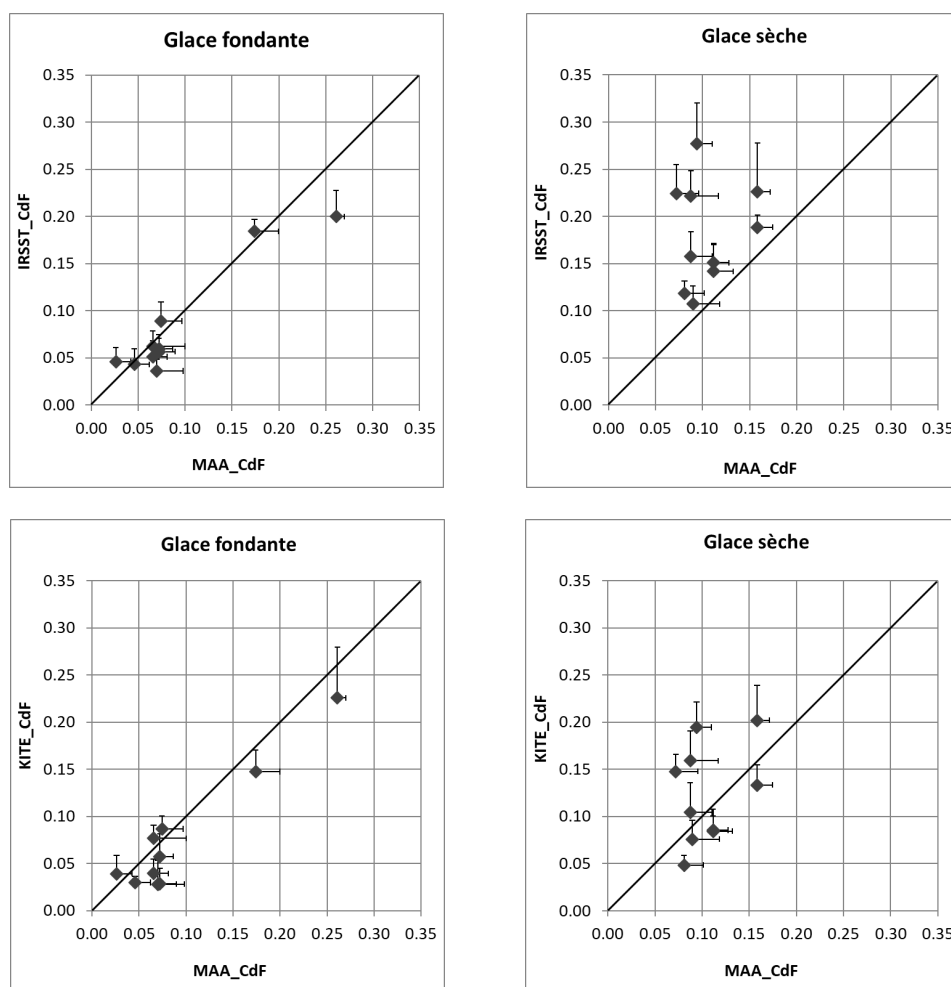
**Figure 4. Phase 1A : Les données de température enregistrées à partir des bacs à glace SATRA (de l'IRSST et du KITE) et au WinterLab sous conditions (a) de glace sèche et (b) de glace fondante. Dans chaque graphique, les courbes supérieures représentent les températures affichées par les machines à glace, et les courbes inférieures, les températures réelles de la surface glacée. Les variations de température sont indiquées en orange pour l'IRSST, en bleu pour le KITE, et en vert pour le WinterLab. Les températures de consigne des bacs à glace SATRA sont indiquées dans le coin supérieur droit des graphiques. Les zones ombrées indiquent les fenêtres de test sélectionnées.**

**Phase 1B.** Les résultats ont montré une corrélation linéaire élevée ( $\geq 0,94$ ) et une bonne concordance entre les mesures de CdF obtenues dans les deux laboratoires sur les deux surfaces de glace (figure 5). Ils ont toutefois révélé un biais entre les laboratoires sous condition de glace sèche : les valeurs de CdF enregistrées à l'IRSST étaient systématiquement plus élevées de  $\sim 0,06$  que celles obtenues au KITE.



**Figure 5. Phase 1B : Comparaison des valeurs globales de CdF obtenues à l'IRSST et au KITE pour 10 modèles de bottes évalués à l'aide de la méthode d'essai mécanique dans des conditions de glace sèche et fondante. La ligne noire continue indique ce qui correspondrait à une concordance et une corrélation parfaites entre les résultats de l'IRSST et du KITE.**

**Phase 2.** La comparaison entre les résultats des tests mécaniques obtenus dans la phase 1B et des tests MAA axés sur la personne a révélé une meilleure corrélation sous condition de glace fondante ( $R \geq 0,94$ ) que sous condition de glace sèche ( $R \leq 0,34$ ). Sur **glace fondante**, la bonne corrélation doit être interprétée avec prudence, car il n'y avait pas de gradation de CdF substantielle dans les dix bottes testées. Sur **glace sèche**, la méthode d'essai mécanique n'a pas affiché une bonne concordance avec le test MAA, et son classement des bottes était passablement différent. Le test MAA n'a pratiquement fait ressortir aucune différence significative entre les bottes F1 à F8, et il les a classées comme les moins performantes. En revanche, la méthode d'essai mécanique (aussi bien à l'IRSST qu'au KITE) a non seulement révélé des différences significatives entre plusieurs de ces bottes, mais elle a par ailleurs classé les bottes F4, F7 et F8 parmi les plus performantes. Il est donc possible que la méthode mécanique surestime les performances de certaines bottes dans certains cas.



**Figure 6. Phase 2 : Comparaison du CdF issu du test MAA axé sur la personne et du CdF global obtenu avec la méthode d'essai mécanique dans les laboratoires de l'IRSST et du KITE pour 10 modèles de bottes dans des conditions de glace sèche et fondante. La ligne noire continue indique ce qui correspondrait à une concordance et une corrélation parfaites entre le CdF du MAA et le CdF de l'IRSST et du KITE.**



**Phase 3.** Tous les participants ont connu plus de glissements de l'avant-pied vers l'arrière et du talon vers l'avant avec la botte F1 qu'avec la F5. Cela signifie que la botte F1 était moins antidérapante que la F5, ce qui est conforme aux résultats du test MAA et en désaccord avec ceux de la méthode mécanique.

En ce qui concerne les performances globales des bottes testées, l'étude a révélé que deux d'entre elles se démarquaient des autres modèles par leur bonne performance sur les deux surfaces glacées, tout particulièrement sur glace fondante. Une des bottes (F10) a une semelle *Arctic Grip* (Vibram Corporation, Brookline, MA, USA, [us.vibram.com](http://us.vibram.com)), laquelle a des fibres microscopiques incrustées dans la semelle en caoutchouc, et l'autre (F9) a une semelle *Green Diamond* (Mark's/L'Équipeur, Canada), laquelle a des grains abrasifs incrustés dans le matériau de la semelle qui lui donnent une surface rugueuse. L'étude a aussi montré que les valeurs de CdF étaient généralement plus faibles sur glace fondante que sur glace sèche, ce qui signifie que la glace fondante était plus glissante pour la plupart des bottes testées, quelle que soit la méthode d'essai utilisée (mécanique ou MAA).



## **5. CONCLUSION**

Cette étude a permis de mieux comprendre l'utilisation et les limites du bac à glace SATRA et de la méthode mécanique pour mesurer la résistance au glissement. Les différences observées entre la méthode d'essai mécanique et le test MAA peuvent être dues à l'incapacité de la méthode mécanique à simuler le roulement dynamique talon-orteil, caractéristique de la démarche humaine lorsque le pied attaque, puis pousse le sol. Les résultats ont montré que notre méthode d'essai mécanique alternative demande à être affinée pour produire des résultats plus comparables aux méthodes d'essai axées sur la personne. Dans son état actuel, la méthode mécanique développée pourrait être utilisée, par exemple, pour faire une présélection (rapide et peu coûteuse) parmi différentes bottes, mais le test MAA devrait être utilisé pour la sélection finale. Lorsque la fiabilité de la méthode mécanique développée sera rehaussée, elle pourrait éventuellement être adoptée comme méthode d'essai normalisée. Des recommandations ont été formulées sur la base des résultats de cette étude. Cette étude a en outre démontré que la réalisation de tests sur différentes surfaces glacées, notamment sèches et fondantes, peut s'avérer utile pour dresser un profil plus précis des performances d'une botte, en utilisant des méthodes aussi bien mécaniques qu'axées sur la personne.



## BIBLIOGRAPHIE

- ASTM International. (2019). *Standard test method for measuring the coefficient of friction for evaluation of slip performance of footwear and test surfaces/flooring using a whole shoe tester*. Norme ASTM F2913-19. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Bagheri, Z. S., Patel, N., Li, Y., Morrone, K., Fernie, G. et Dutta, T. (2019). Slip resistance and wearability of safety footwear used on icy surfaces for outdoor municipal workers. *Work*, 62(1), 37-47.
- Bagheri, Z. S., Patel, N., Li, Y., Rizzi, K., Lui, K. Y. G., Holyoke, P., . . . Dutta, T. (2019). Selecting slip resistant footwear for personal support workers to use outdoors in the winter. *Work*, 64(1), 135-151.
- Boucher, A. (2019). *Accepted occupational injuries representing cases of fall at the same level or slip-trip without falling, Québec, 2014-2016*. Montreal, QC: IRSST. [Données non publiées].
- Gao, C., Holmér, I. et Abeysekera, J. (2008). Slips and falls in a cold climate: Underfoot surface, footwear design and worker preferences for preventive measures. *Applied Ergonomics*, 39(3), 385-391.
- Gauvin, C., Pearsall, D., Damavandi, M., Michaud-Paquette, Y., Farbos, B. et Imbeau, D. (2014). *Facteurs de risque associés aux glissades chez les policiers et les brigadiers scolaires (Rapport n° R-856)*. Montréal, QC: IRSST.
- Grönqvist, R. et Hirvonen, M. (1995). Slipperiness of footwear and mechanisms of walking friction on icy surfaces. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 16(3), 191-200.
- Hsu, J., Li, Y., Dutta T. et Fernie, G. (2015). Maximum achievable inclines for footwear while walking on icy slopes and cross-slopes. *Applied Ergonomics*, 50, 218-225.
- Hsu, J., Shaw, R., Novak, A., Li, Y., Ormerod, M., Newton, R., . . . Fernie, G. (2016). Slip resistance of winter footwear on snow and ice measured using maximum achievable incline. *Ergonomics*, 59(5), 717-28.
- International Organization for Standardization. (2019). *Personal protective equipment: Footwear: Test method for slip resistance*. Norme ISO 13287:2019. Genève, Suisse: ISO.
- SATRA Technology. (2011). *Friction (slip resistance) of footwear and floorings (Méthode n° TM144:2011)*. Kettering, Angleterre: SATRA Technology Centre.