



Rendez-vous
de la **science**

Chantal Gauvin

Résistance au glissement des chaussures – méthodes d'essai sur des surfaces glacées

15-02-2022

kite  UHN



| Équipe



- Yue (Sophia) Li
- Tilak Dutta
- Atena Roshan Fekr
- Gordon Wong
- Wayne Cheng
- Benjamin Leaker
- Kayla Morrone
- Jin Li



- David Pearsall



- Pierre Drouin
- Jérôme Boutin
- Nicolas Bastien
- François Ouellet
- Édith Vinet

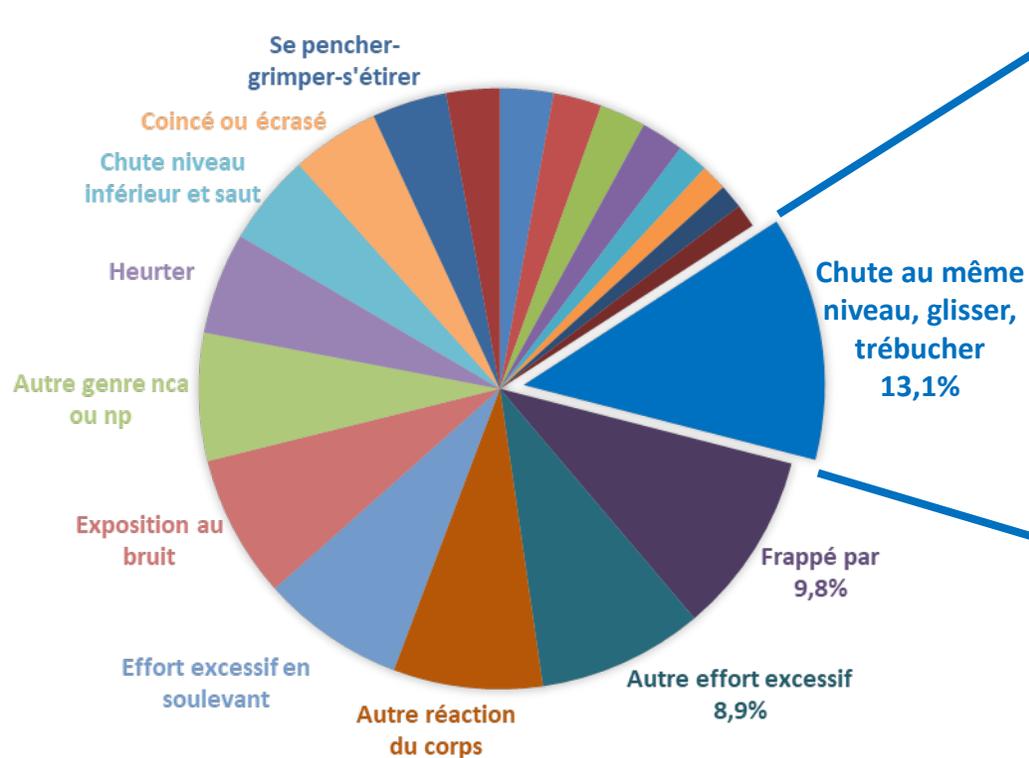


- Marie-Christine Stafford
(statisticienne chez SolutionStat)

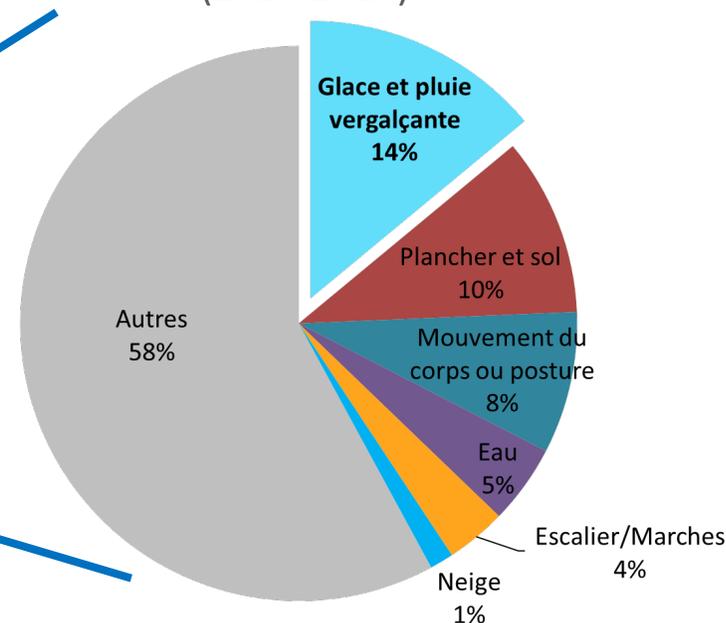
- Les membres du comité de suivi du projet

Contexte – Importance des glissades

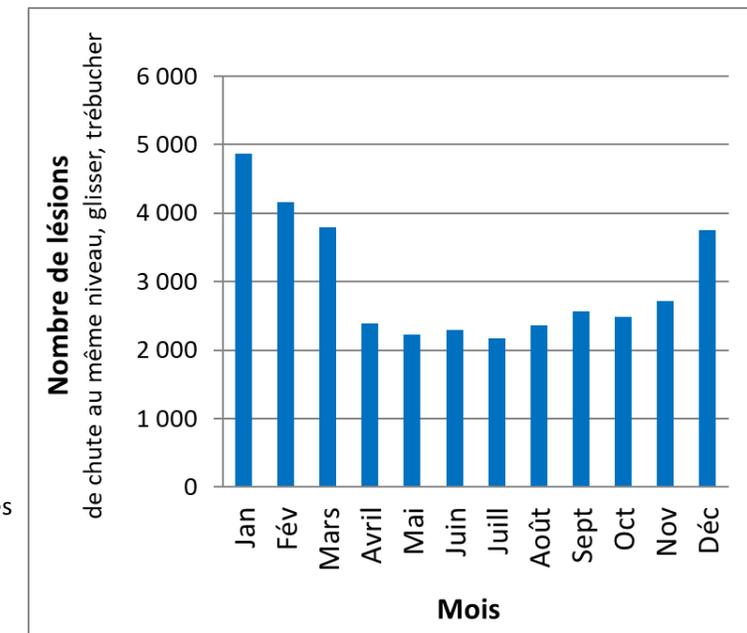
Distribution du nombre de lésions selon le genre d'accident ou d'exposition (2014-2016)



Distribution de l'agent causal ayant contribué aux lésions de chute au même niveau, glisser, trébucher (2014-2016)



Fréquence moyenne mensuelle des lésions de chute au même niveau, glisser, trébucher (2014-2016)



Contexte – Nécessité des mesures sur la glace

- De nombreux travailleurs qui exercent des activités à l'extérieur comptent sur leurs bottes pour les empêcher de glisser

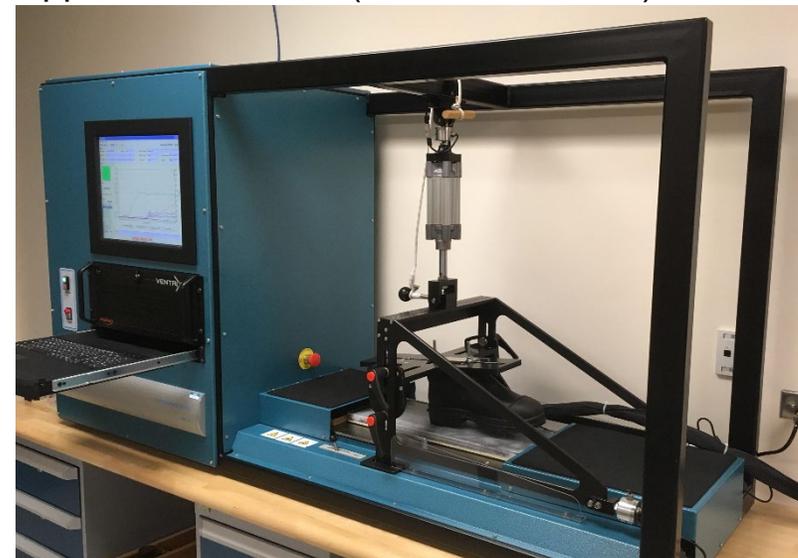


- Cependant, il est difficile de choisir les meilleures bottes antidérapantes

Contexte – Méthodes d'essai mécaniques existantes

- ASTM F2913 et ISO 13287: ≠ surface glacée
- Possibilité d'utiliser un bac à glace pour créer des surfaces glacées
- SATRA TM144:2011 → surface glacée givrée
- Peu d'information existante sur:
 - Fabrication des surfaces glacées
 - Validité de la méthode d'essai avec ce bac à glace

Appareil de mesure (SATRA STM 603)



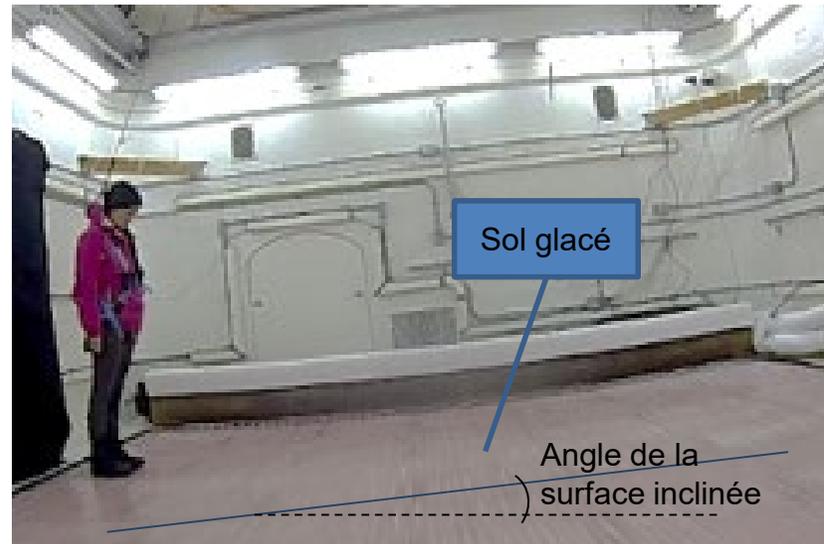
Bac à glace (SATRA STM 603ICE)



| Contexte – Méthode d'essai avec sujets humains



- Winterlab: labo unique au monde
- Test MAA (*Maximum Achievable Angle*)
- Validité terrain (Bagheri *et al.*, 2021)



| Objectif principal du projet

- Développer une méthode d'essai mécanique pour déterminer la résistance au glissement des chaussures sur des surfaces glacées, et la comparer au test MAA (KITE) axé sur la personne

Sous-objectifs

Phase 1

1A

Développer un protocole de préparation de surfaces glacées (sèche, fondante) et **mettre au point la méthode mécanique**



1B

Évaluer la **répétabilité & reproductibilité** de la méthode d'essai mécanique **labo 1 et labo 2**



Phase 2

Comparer les résultats **tests mécaniques et tests MAA**



Winterlab

Glace fondante: $-1,5^{\circ}\text{C}$

Glace sèche: $-5,5^{\circ}\text{C}$

Phase 3

En cas d'incohérences de certains résultats de la phase 2, comparer avec un autre test centrée sur l'humain en laboratoire



Surface glacée plane et suivi du mouvement

Phase 1A

1A

Développer un protocole de préparation de surfaces glacées (sèche, fondante) et **mettre au point la méthode mécanique**



1B

Évaluer la **répétabilité & reproductibilité** de la méthode d'essai mécanique **labo 1 et labo 2**



Phase 1A – Méthodologie : préparation surfaces glacées

- Mesure de la température réelle de la glace (thermistances)
- Cible: surfaces glacées du Winterlab
 - Glace sèche: $-5,5^{\circ}\text{C}$
 - Glace fondante: $-1,5^{\circ}\text{C}$



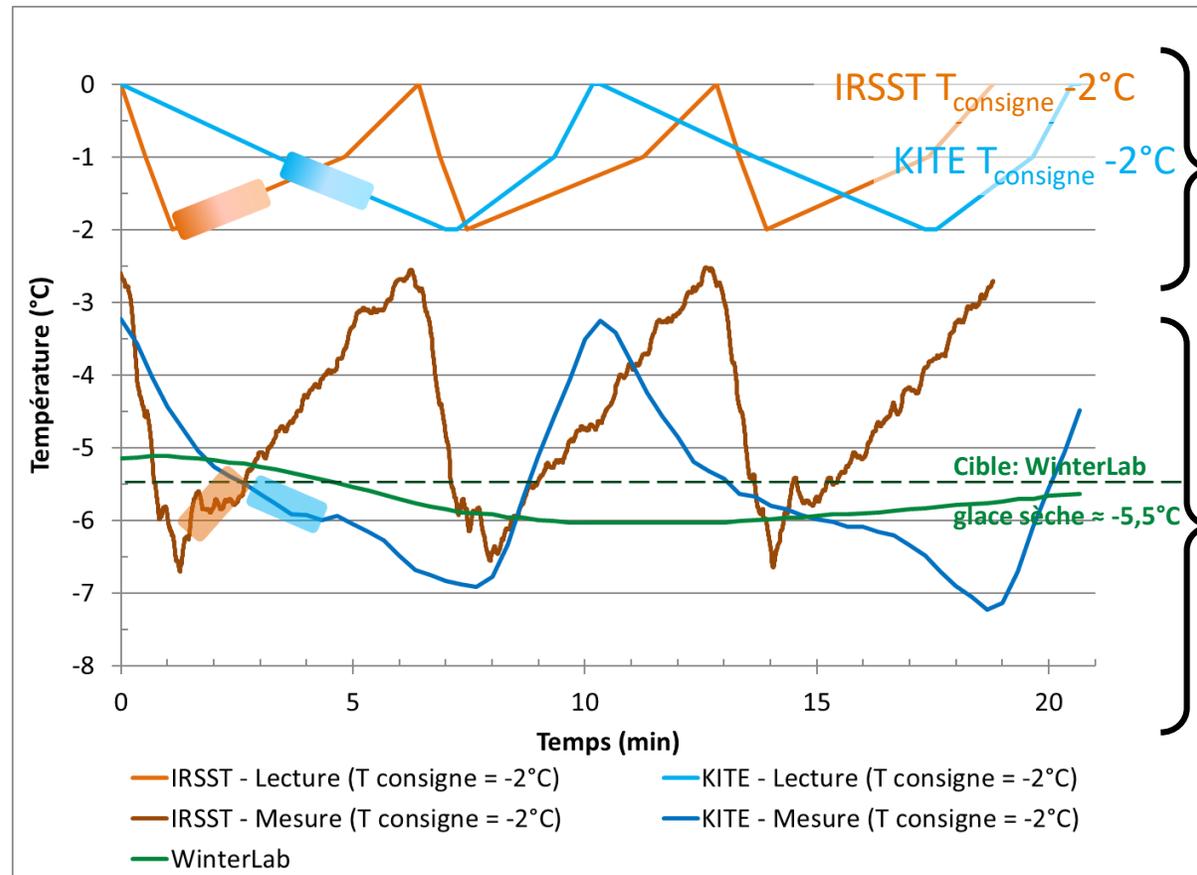
Thermistances



Phase 1A – Résultats : glace sèche

- Fluctuation de la température indiquée sur la machine à glace autour du point de consigne
- $T_{\text{surface glacée}} < T_{\text{machine}}$
- Fluctuations différentes entre les deux labos (IRSST et KITE)
- Cible: Obtenir la même température de glace que celle du WinterLab
 - Tests durant des plages spécifiques

Glacé sèche



Lecture de la température du bac à glace



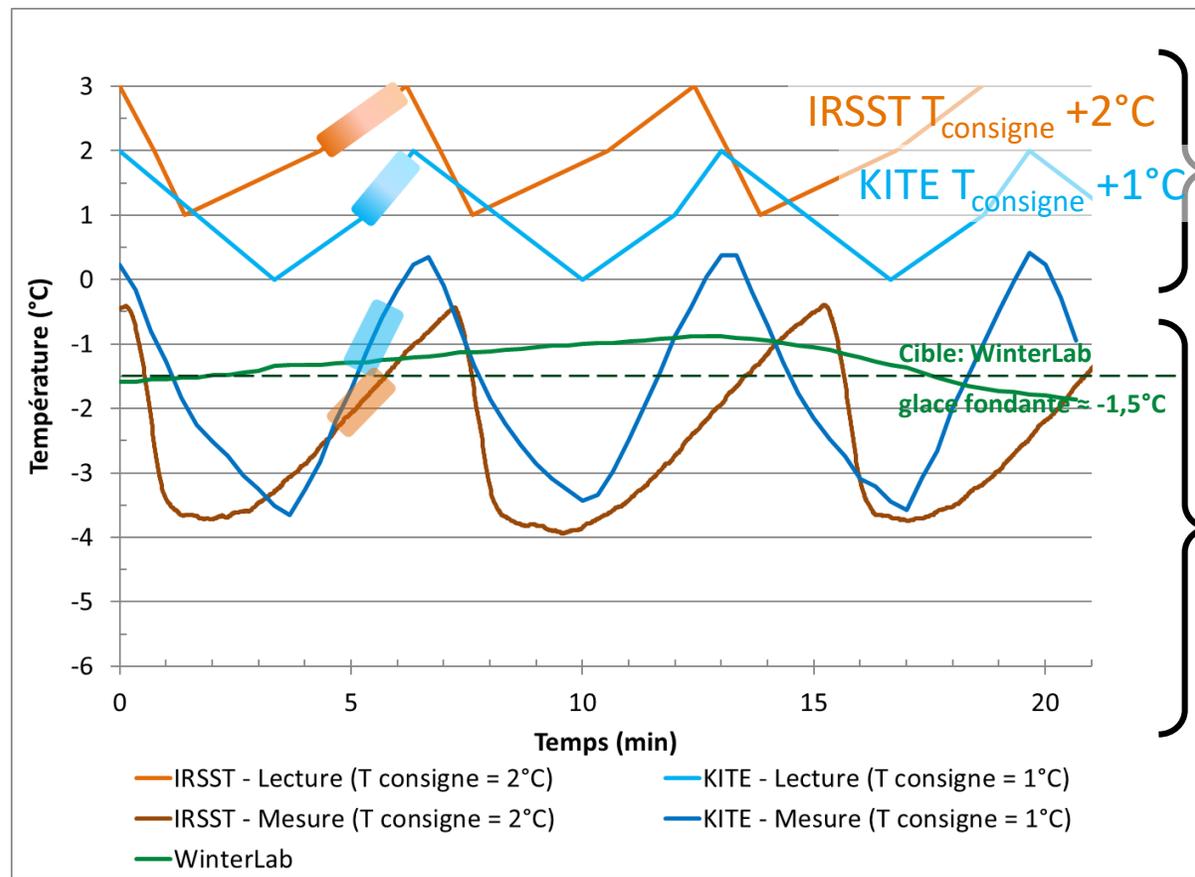
Mesure de la température sur la surface glacée



Phase 1A – Résultats : glace fondante

- Mêmes observations et même démarche pour les deux surfaces glacées

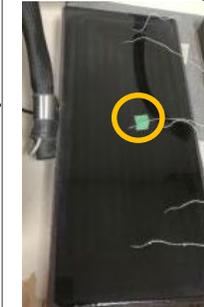
Glace fondante



Lecture de la température du bac à glace



Mesure de la température sur la surface glacée



| Phase 1A – Résultats : méthode d'essai finale

- Basée sur ASTM F2913-19
- 2 surfaces: glace sèche ($\sim -5,5^{\circ}\text{C}$)
glace fondante ($\sim -1,5^{\circ}\text{C}$)
- Givre enlevé avec un linge mouillé
au début de la série de tests
- Coefficient de friction (CdF):
déterminé par une moyenne
sur 5 tests



Phase 1B

1A

Développer un protocole de préparation de surfaces glacées (sèche, fondante) et mettre au point la méthode mécanique



1B

Évaluer la **répétabilité & reproductibilité** de la méthode d'essai mécanique **labo 1 et labo 2**



| Phase 1B – Méthodologie : Tests dans deux laboratoires

Lab 1 – IRSST (360 tests)

10 bottes

×3 modes de glissement
(talon, avant-pied, à plat)

×2 surfaces glacées
(sèche, fondante)

×3 répétitions

×2 opérateurs

Lab 2 – KITE (180 tests)

10 bottes

×3 modes de glissement
(talon, avant-pied, à plat)

×2 surfaces glacées
(sèche, fondante)

×3 répétitions

×1 opérateur

| Phase 1B – Méthodologie : 10 modèles de bottes

F1		
F2		
F3		
F4		
F5		

F6		
F7		
F8		
F9		
F10		

| Phase 1B – Méthodologie : Analyses statistiques

- Répétabilité
 - Répétitions d'un même opérateur
- Reproductibilité inter-opérateur
 - Différence avec 2 opérateurs (IRSST)
- Reproductibilité inter-laboratoire
 - Différence entre 2 labos (IRSST et KITE)

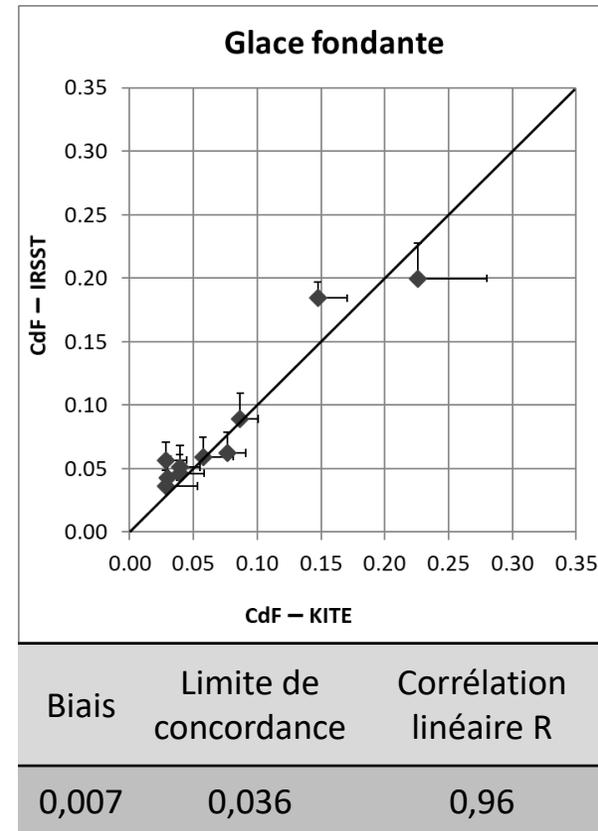
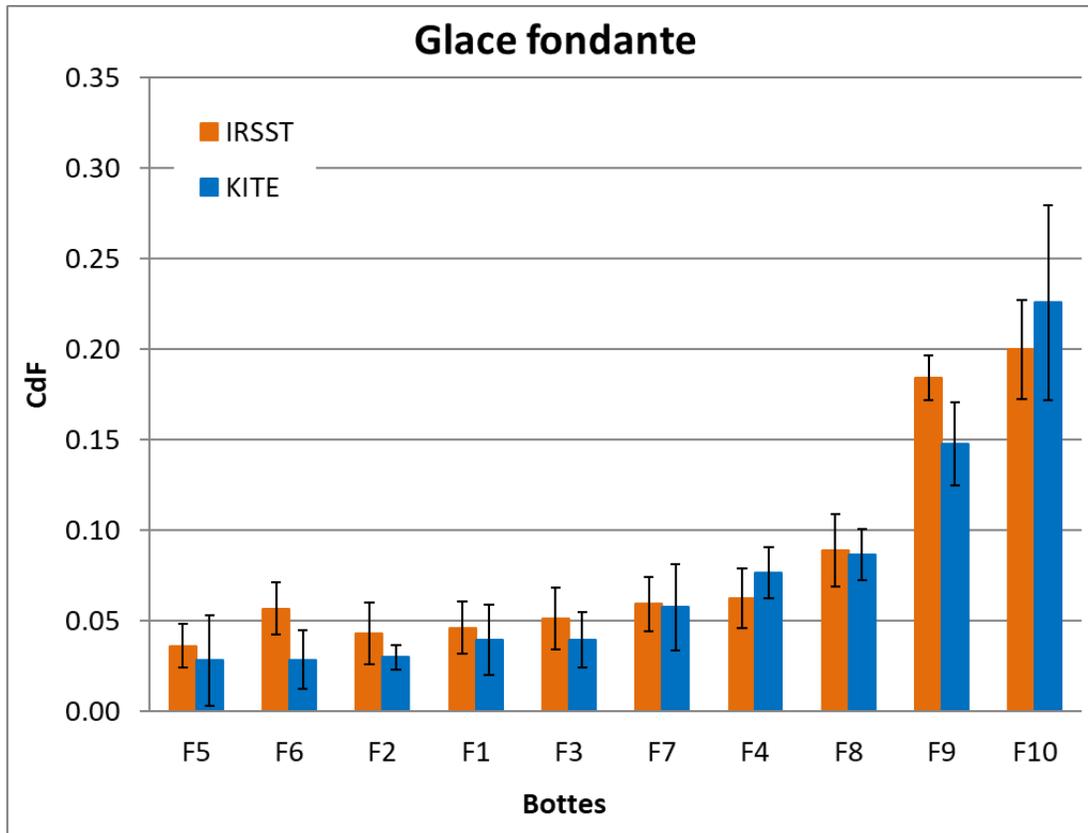
Analyses de Bland-Altman
Bonne concordance →

Biais	Limite de concordance	Corrélation linéaire R
~ 0,000	~ 0,000	~ 1,00

| Phase 1B – Résultats

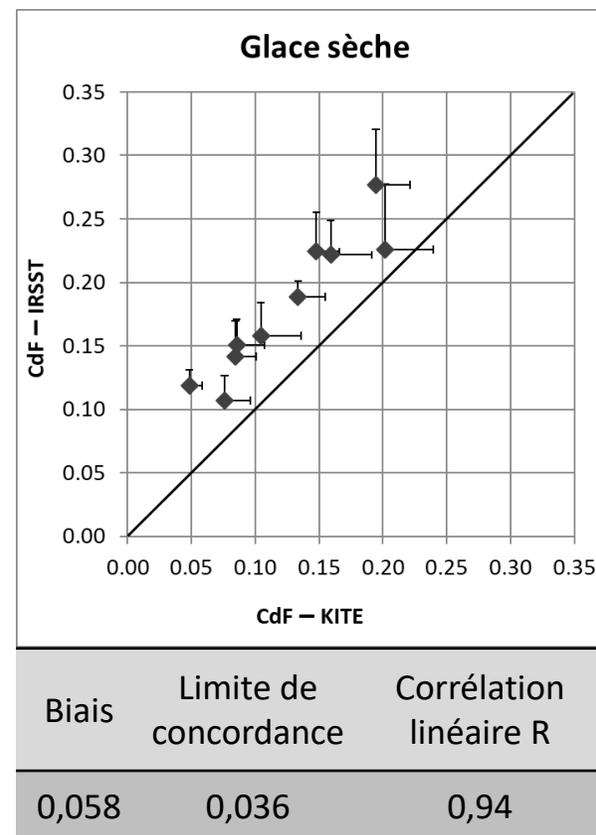
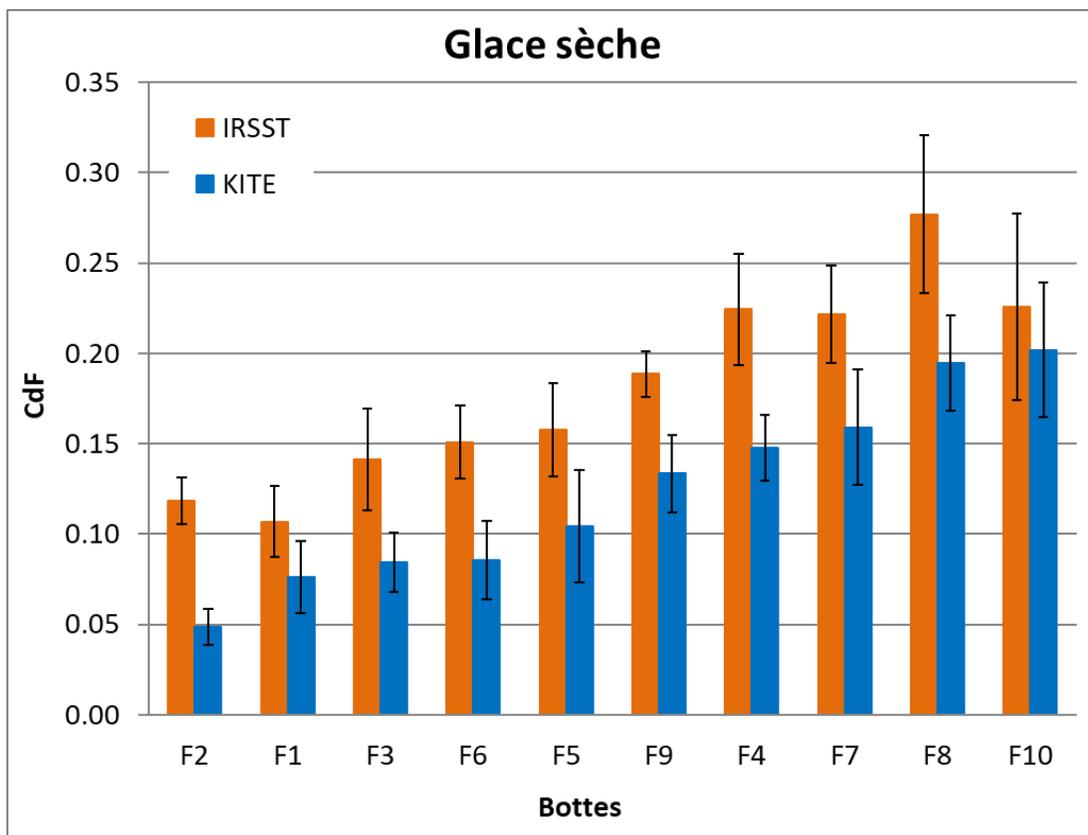
- Répétabilité (3 répétitions/opérateur)
 - Écart-type relatif regroupé:
 - 9,0% pour la glace sèche
 - 16,8% pour la glace fondante
- Reproductibilité inter-opérateur (2 opérateurs à l'IRSST)
 - L'ANOVA a démontré que le facteur "opérateur" n'a aucun effet sur les valeurs du CdF
- Reproductibilité inter-laboratoire (2 labos)
 - L'ANOVA a démontré que le facteur "labo" a un effet sur les valeurs du CdF, et que l'effet est plus faible pour la glace fondante que pour la glace sèche

Phase 1B – Résultats : Glace fondante (labo 1 & labo 2)



- Bonne concordance entre labos
- Bonne corrélation
- Classement général similaire

Phase 1B – Résultats : Glace sèche (labo 1 & labo 2)



- Concordance entre labos
- Bonne corrélation
- Classement général similaire
- MAIS ... biais de 0,06 entre les 2 labos

Phase 2

Comparer résultats
tests mécaniques et tests MAA



| Phase 2 – Méthodologie

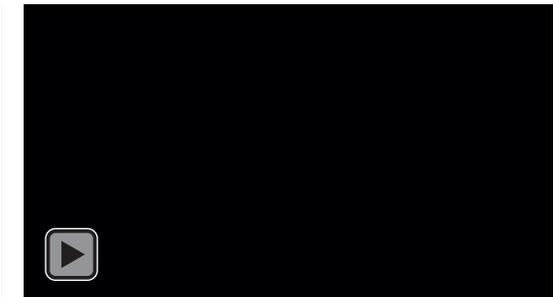
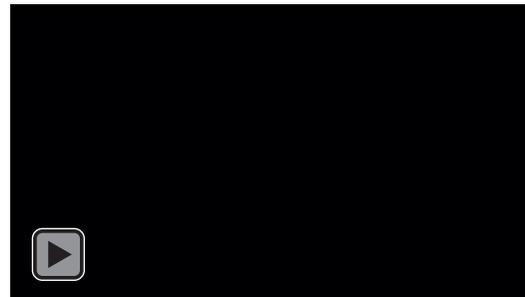
- Tests MAA dans le Winterlab

Winterlab – KITE

10 bottes

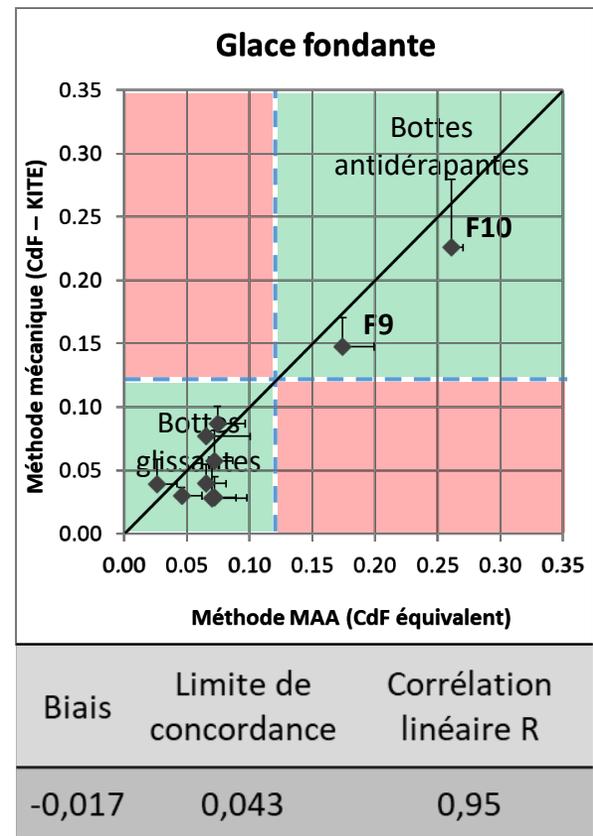
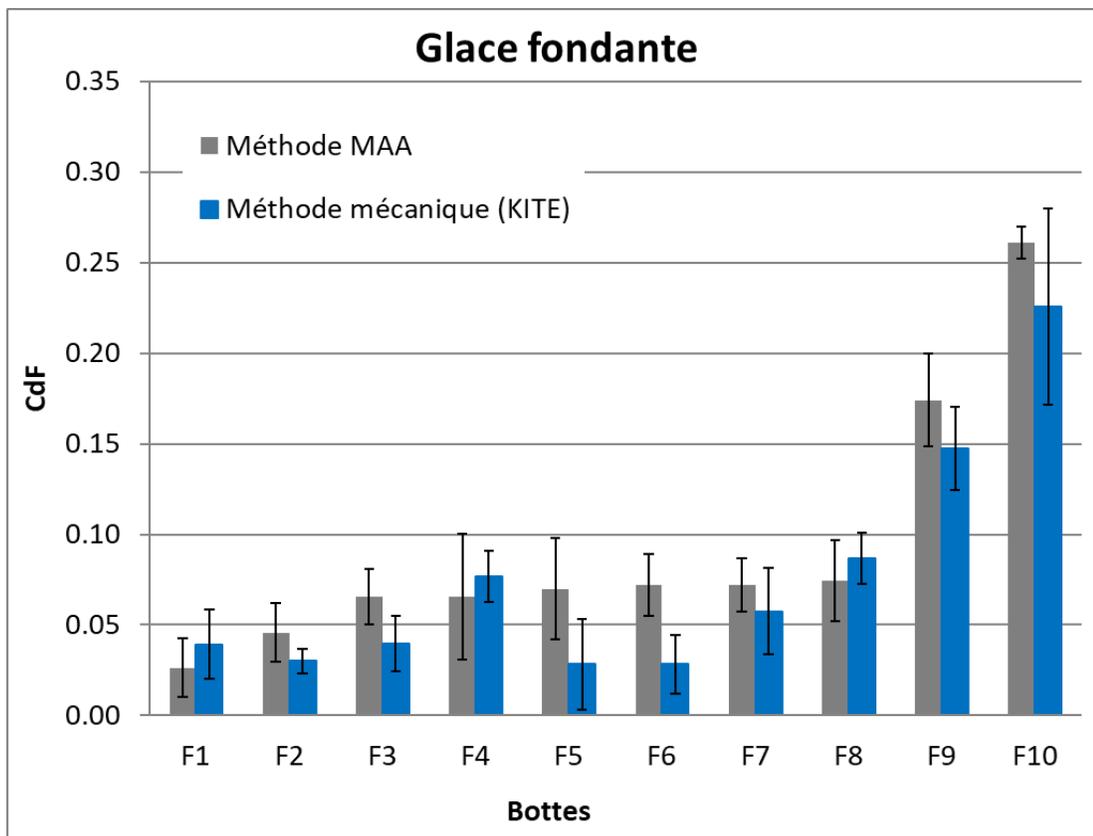
× 2 surfaces glacées (sèche, fondante)

× 4 participants



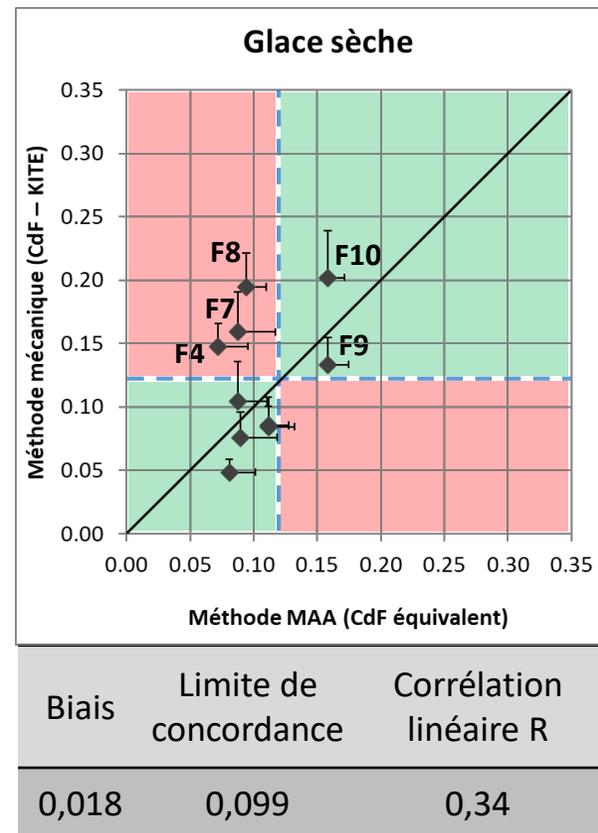
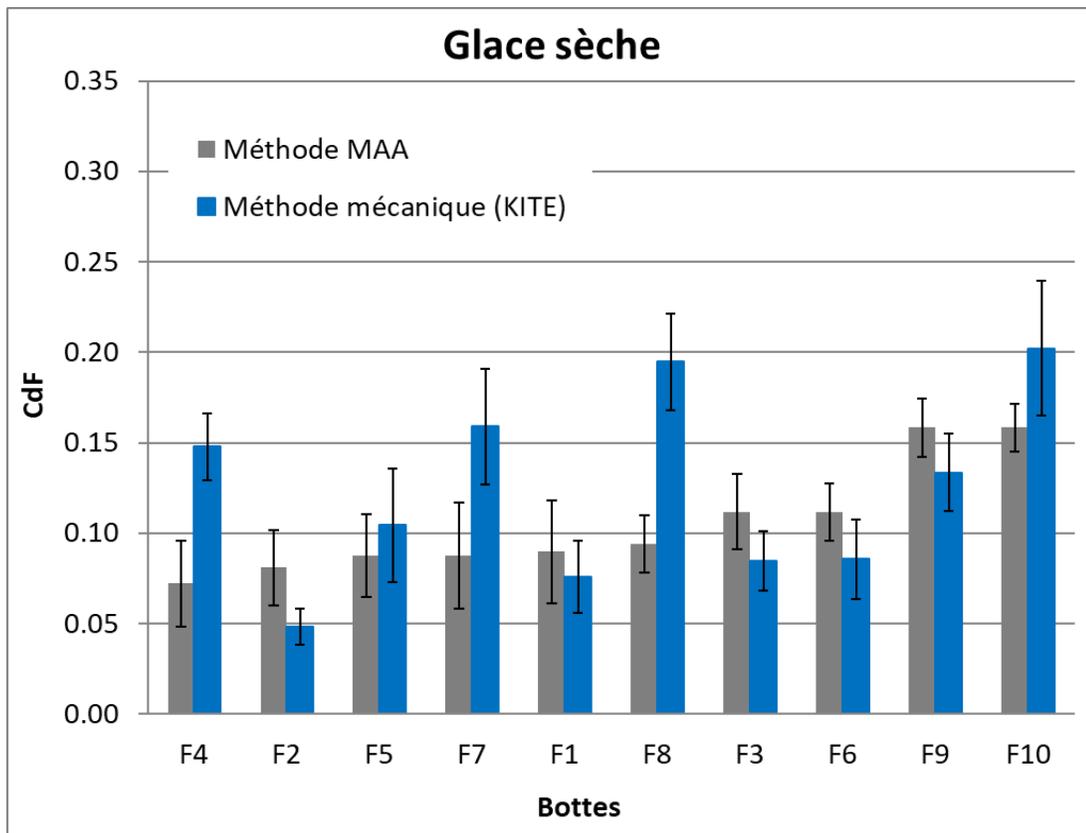
- CdF équivalent = tangente(MAA)
- Analyses statistiques:
 - Bland-Altman → concordance entre les mesures des 2 méthodes.

Phase 2 – Résultats : Glace fondante (mécanique & MAA)



- Bonne concordance entre méthodes
- Bonne corrélation, mais...
- Classement général ~similaire

Phase 2 – Résultats : Glace sèche (mécanique & MAA)



- PAS de concordance entre les méthodes
- PAS de corrélation
- PAS le même classement

Performance globale des bottes testées

- (F9) Semelle *Green Diamond* (Mark's/L'Équipeur, Canada)

- grains abrasifs incrustés



F9	Test mécanique		Test MAA	
	CdF IRSST	CdF KITE	CdF	angle
Glacé fondante	0,18	0,15	0,17	10°
Glacé sèche	0,19	0,13	0,16	9°

- (F10) Semelle *Arctic Grip* (Vibram, É.-U.):

- fibres microscopiques incrustées



F10	Test mécanique		Test MAA	
	CdF IRSST	CdF KITE	CdF	angle
Glacé fondante	0,20	0,23	0,26	14°
Glacé sèche	0,23	0,20	0,16	9°

| Conclusion – Ce que l'étude a apporté

- Meilleure compréhension de l'utilisation et des limites du bac à glace SATRA et de la méthode mécanique
- Méthode d'essai mécanique prometteuse, mais qui demande à être améliorée pour produire des résultats comparables au test MAA avec sujets humains
 - Discussion en cours au comité CSA et ASTM sur les chaussures de sécurité
- Complémentarité des deux méthodes, mécanique et test MMA

| Conclusion – Ce que les tests sur les bottes ont démontré

- CdF sur glace fondante < CdF sur glace sèche
 - Peu importe la méthode d'essai utilisée (mécanique ou MAA)
 - Mais pas pour toutes les bottes...
- Des surfaces de glace variées peuvent s'avérer utile pour caractériser les performances des chaussures
- **RECOMMANDATIONS:**
 - Améliorer la méthode mécanique
 - Évaluer les chaussures dans des environnements extérieurs réels

| Documents disponibles

- Fiche synthèse en français (DT-1136-fr)
- Rapport de recherche en anglais (R-1136-en)
- Article scientifique en libre accès
 - Roshan Fekr, A. *et al.* (2021).
Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 405.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18020405>
- Pour d'autres articles liés à ce projet:
 - Site IRSST > Recherche en SST > Projets de recherche > 2015-0078



| Pour faire un choix sur la base des tests MAA



Consultez <https://kite-uhn.com/rmt/fr>



- +200 modèles de chaussures

Notre test MAA peut être appliqué à un large éventail de bottes.

Nous testons aussi bien **les chaussures de sécurité** couramment utilisées par les travailleurs de l'industrie que les bottes tout-aller portées en hiver par monsieur et madame Tout-le-monde.



Merci pour votre attention

Questions / Commentaires?