

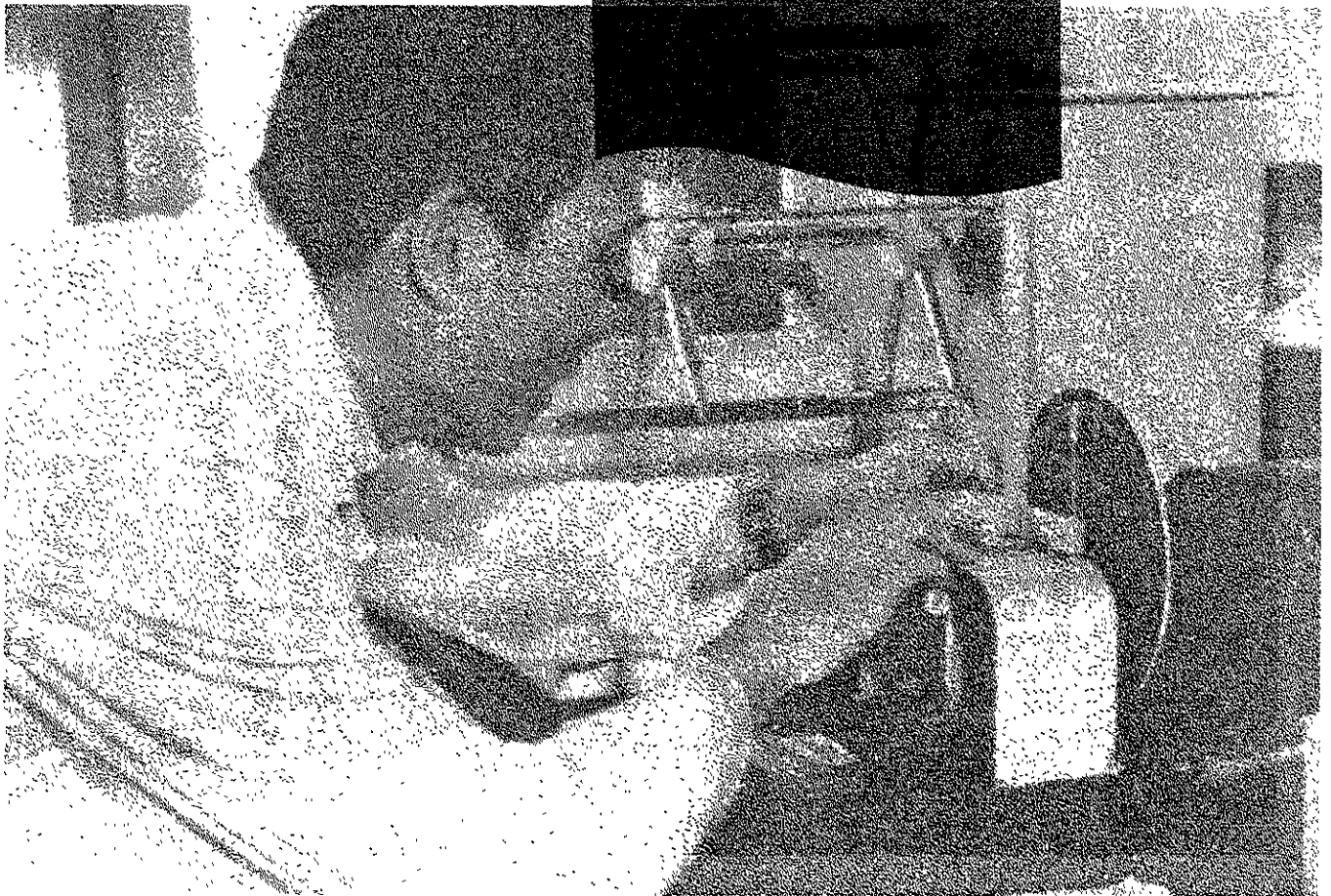
Évaluation de matériaux utilisés pour la fabrication de gants de pompiers

Martin Filteau
Yun Shao

ÉTUDES ET RECHERCHES

Novembre 1999 R-232

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Évaluation de matériaux utilisés pour la fabrication de gants de pompiers

Martin Filteau et Yun Shao
Centre des technologies textiles

ÉTUDES ET RECHERCHES

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site internet de l'IRSSST.

Cette étude a été financée par l'IRSSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

INTRODUCTION

Les vêtements de protection thermique jouent un rôle important pour empêcher l'énergie produite par une chaleur externe d'atteindre un sapeur à un rythme et à une intensité qui pourraient engendrer des brûlures [1]. Ces vêtements ne servent pas seulement qu'aux pompiers, mais aussi aux pilotes de course automobile, au personnel de navigation aérienne, à des travailleurs industriels et à des militaires qui sont exposés fréquemment à l'énergie radiante, et qui pourraient aussi être exposés accidentellement à des chaleurs et à des flammes intenses [2,3].

En dehors des risques habituels auxquels les pompiers doivent faire face, dont la chaleur, les flammes, l'eau, la vapeur, les produits chimiques et les éclats de verre, il ne faut pas oublier la possibilité d'un embrasement généralisé, c'est-à-dire lorsque des vapeurs engendrées par des matériaux combustibles s'enflamment et se transforment en une boule de feu. Ce phénomène ne durera peut-être que quelques secondes, mais la température peut grimper à près de 1000 °C et causer de graves brûlures aux mains et au visage [4].

Pour un pompier, les mains constituent l'extrémité la plus importante et la plus exposée. Il n'est donc pas surprenant, en occurrence, de constater que la très grande majorité des blessures sont situées au niveau des mains et des poignets. En 1984, près de 46 000 pompiers ont subi des blessures aux États-Unis. Parmi les brûlures qui constituaient 8,3 % des blessures, 28 % de ces brûlures concernaient les mains [5]. Ce pourcentage correspond à plus de 1 000 pompiers qui ont subi de graves brûlures aux mains. Par ailleurs en Allemagne, environ 8700 blessures subies par des pompiers, entraînant une journée ou plus d'absence au travail, ont été signalées en 1992 [6]. De ce nombre, 25 % concernaient également les mains et les doigts.

Étant donné que la plupart des tâches de travail nécessitent l'utilisation des mains, la conception de gants protecteurs dotés de caractéristiques de protection supérieures en matière de lutte aux incendies suscite beaucoup d'intérêt [4-9]. Un gant de protection supérieur, au-delà des propriétés inhérentes des vêtements de protection thermique, c'est-à-dire doté d'une bonne isolation thermique, ignifuge, ininflammable, hydrofuge, résistant à la vapeur et aux produits chimiques, en plus de ne pas être trop chaud à porter [10], devrait aussi offrir des caractéristiques de sensibilité, d'adhérence, de dextérité, etc. [4,11,12]. Toutefois, la sensibilité tactile et la dextérité des gants protecteurs varient en situation de froid et d'humidité. La plupart des pompiers se plaignent de l'inefficacité des gants, ainsi que de l'engourdissement et du gel des mains qu'ils engendrent en situation de froid ou de pluie. Pour faire fonctionner des équipements mécaniques et effectuer des tâches délicates, telles que des noeuds, des tâches de moletage et la fixation d'attaches, on a souvent pas d'autre choix que d'enlever ses gants et il peut en résulter des blessures supplémentaires.

Afin de sélectionner de bons matériaux pour la confection de gants de protection offrant une dextérité supérieure et protégeant davantage en situation de froid et d'humidité, l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) a demandé au Centre des technologies textiles (CTT) de réaliser des essais sur des matériaux servant à la fabrication de gants [13]. Le CTT a commencé par effectuer une recherche documentaire et a communiqué avec plus de 48 fabricants de matériaux et de gants de protection pour des pompiers ou des soudeurs.

On a ainsi recueilli et testé 15 échantillons de matériaux. Le rendement de protection thermique, la rétention d'eau, la stabilité dimensionnelle et la rigidité des matériaux dans diverses situations de froid et d'humidité ont été mesurés et analysés.

MÉTHODE D'ESSAI

1. Rendement de protection thermique

On mesure le rendement de protection thermique à l'aide des méthodes d'essai NFPA 1971 (1997 Édition) [14]. La Figure 1 montre un schéma de l'équipement nécessaire à l'essai de rendement de protection thermique.

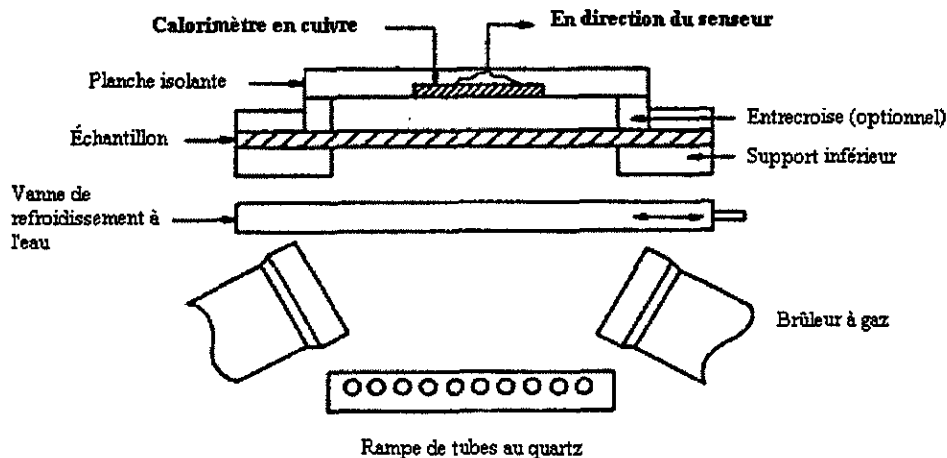


Figure 1 - Appareillage nécessaire à l'essai de rendement de protection thermique

Comme on peut le constater en examinant la Figure 1, un échantillon est placé sur une plaque montée en face d'une source de chaleur constituée d'un ensemble de tubes au quartz dont le voltage variable peut fournir le niveau de chaleur radiante désiré, et d'une paire de brûleurs au gaz Meker dotés d'un dispositif de contrôle du flux de gaz qui fournissent l'énergie convective nécessaire. Habituellement, l'énergie totale nécessaire aux essais est de 2,0 cal/cm²/sec, et celle-ci composée de 50% de chaleur radiante et de 50 % de chaleur convective. Ces sources de chaleur sont isolées de l'échantillon par une vanne de refroidissement à l'eau pour réaliser une exposition d'une durée précise. Un capteur de Custom Scientific Instruments (Whippany, N.J. États-Unis) sert à mesurer la chaleur transférée dans l'échantillon. Les résultats de l'essai prennent la forme d'une cote de rendement de protection thermique qui équivaut au temps de tolérance (sec) multiplié par le flux de chaleur utilisé (cal/cm²/sec) :

$$\text{Cote de rendement (cal/cm}^2\text{)} = \text{Temps de tolérance(sec)} \times \text{flux de chaleur (cal/cm}^2\text{/s)}$$

2. Absorption de l'eau

La capacité d'absorption d'eau des matériaux de confection des gants a été mesurée à l'aide de la méthode d'essai AATCC 42-1994 [15]. Le dispositif d'essai comprend un entonnoir en verre muni d'une tête de pulvérisation, tel qu'illustré à la Figure 2.

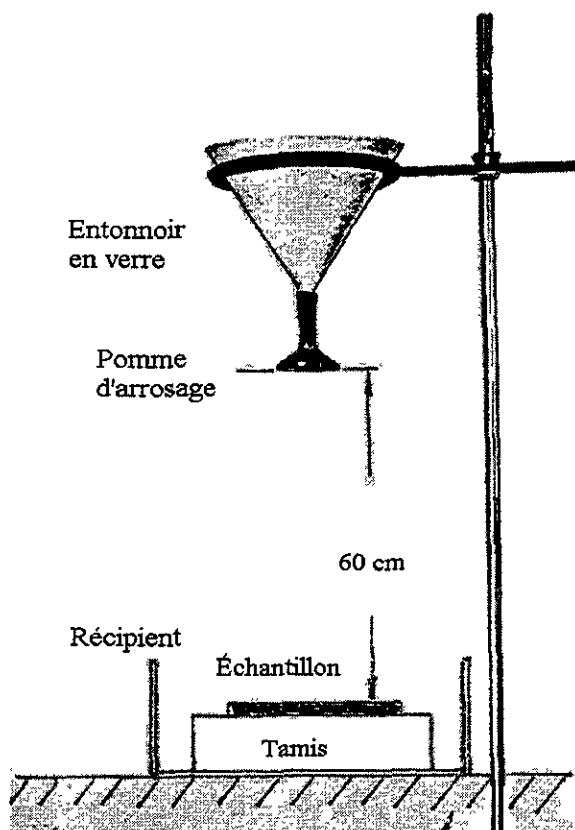


Figure 2 - Mesure d'absorption d'eau par pulvérisation

La tête de pulvérisation possède 25 trous et la méthode d'essai AATCC 42-1994 mentionne les dimensions de la tête. Une distance de 60 cm sépare la tête de pulvérisation de l'échantillon. L'échantillon (32 x 160 mm) est pesé puis placé sur un tamis n° 90, de sorte que l'endos de l'échantillon ne puisse être mouillé lorsque l'eau est pulvérisée à la surface de l'échantillon. On a utilisé pour chaque essai 500 ml d'eau distillée versée dans l'entonnoir. Il faut déplacer le tamis pendant la pulvérisation pour permettre à l'eau de se répandre uniformément sur le spécimen. Une fois la pulvérisation effectuée, l'échantillon est soulevé délicatement pour drainer l'excès d'eau. On mesure ensuite la capacité d'absorption d'eau en pesant l'échantillon, puis en divisant le poids de l'échantillon saturé d'eau par le poids de l'échantillon sec, et l'on obtient ainsi un ratio d'absorption d'eau par gramme. On a pris des mesures sur six échantillons du même matériau. En ce qui concerne les matériaux provenant des gants, on a réalisé des essais sur cinq échantillons (BP, BC, BN). La dimension avant mouillage était de 120 mm, étant donné la limite imposée par la longueur des échantillons.

3. *Stabilité dimensionnelle*

Avant et après l'essai d'absorption d'eau, on mesure la longueur (L_0 et L respectivement) de l'échantillon contrôlé.

Pour les échantillons de cuir, la longueur mesurée avant le mouillage était $L_0 = 150,00$ mm à l'intérieur du 160 mm. On a pris des mesures dans deux directions sur trois échantillons du même matériau. En ce qui concerne les matériaux provenant des gants, on a réalisé des essais sur cinq échantillons (BP, BC, BN). La longueur avant mouillage était de 120 mm, étant donné la limite imposée par la longueur des échantillons.

4. *Rigidité à différentes températures*

On a mesuré la rigidité ou la résistance à la flexion des échantillons à l'aide de la méthode FTMS 5204 [16] et de l'appareil de mesure de rigidité/élasticité Clark (Twing Albert Co., Philadelphie, É-U.), tel qu'illustré à la Figure 3.

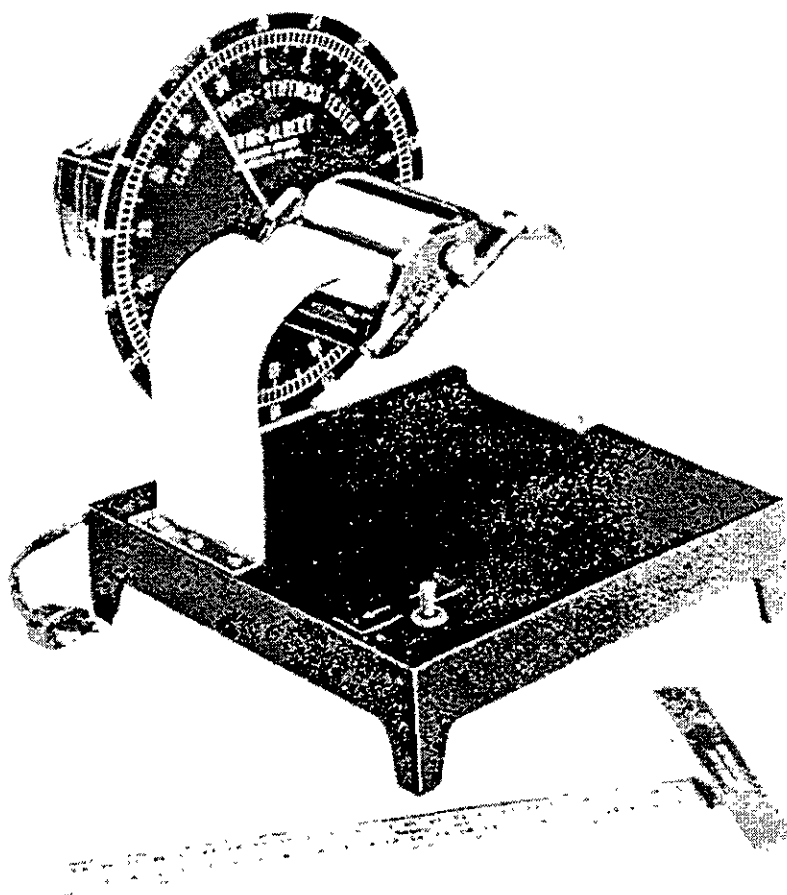


Figure 3 - Appareil de mesure de rigidité/élasticité Clark (Clark Softness- Stiffness Tester)

La Figure 3 montre que l'appareil comprend deux rouleaux retenus ensemble par un ressort. On peut faire tourner lentement un rouleau à l'aide d'un engrenage de vis sans fin. Le point de contact des rouleaux se situe dans l'axe de rotation des rouleaux et de la base de soutien. L'angle de rotation est indiqué par une aiguille et une plaque calibrée. Les échantillons contrôlés ont été taillés en bandes de 32 mm x 160 mm. Il faut placer le bout de la bande entre les deux rouleaux et ajuster le reste de la bande de sorte que, lorsque les deux rouleaux tournent dans le sens des aiguilles d'une horloge, le bout de la bande située à gauche se retrouve en position verticale à droite. Par une rotation en sens inverse à 90° à partir de ce point, la bande retombe tout simplement à gauche. Lorsque la bande a été ajustée et qu'elle se situe à un angle de 90°, on peut mesurer la longueur en porte-à-faux effective à 0,5 mm près. Plus la longueur en porte-à-faux est grande, plus l'échantillon testé est rigide.

Les différentes conditions de mesure d'absorption d'eau, de stabilité dimensionnelle et de rigidité étaient les suivantes : à 21 °C (humidité relative de 65 %) l'eau se situant à une température de 21 °C, à 0 °C (humidité relative de 52 %) l'eau étant à une température de 5 °C et à -20 °C (humidité relative de 63 %) avec l'eau à une température de 2 °C.

On a pris des mesures dans deux directions sur trois échantillons du même matériau. En ce qui concerne les matériaux provenant des gants, on a réalisé des essais sur cinq échantillons (BP, BC, BN). La distance avant mouillage était de 120 mm, étant donné la limite imposée par la longueur des échantillons.

5. Résistance à l'abrasion

On mesure la résistance à l'abrasion à l'aide de la méthode ASTM D3884 - 92 [17], qui fait usage d'une plate-forme rotative. L'appareillage comprend un abrasimètre Taber. Les roues utilisées sont de type H18. La surface externe de l'échantillon est placée vers le haut, tandis que celui-ci est appuyé et fixé solidement sur un support installé sur une plate-forme. Le spécimen subit une abrasion grâce à un mouvement de frottement rotatif maintenu par pression contrôlée. Le poids de la charge était de 9,8 N. L'échantillon tourne sur un axe vertical en opposition au glissement rotatif de deux roues abrasives. Une roue abrasive frotte l'échantillon vers la périphérie (externe) et l'autre vers le centre (interne). Le nombre de cycles d'abrasion appliqué pour perforer l'échantillon est noté. L'échantillon qui résiste au plus grand nombre de cycles d'abrasion démontre la résistance à l'abrasion la plus grande. Cinq essais sont effectués par échantillon.

MATÉRIAUX

Les échantillons mis à l'épreuve comprennent trois groupes de matériaux, dont neuf sortes de cuirs, trois sortes de tissus enduits et trois produits composites. Vous trouverez leur description et leur nom de code au Tableau 1. Chacun de ces matériaux constitue la couche extérieure des gants. Les matériaux BP, BC et BN proviennent des gants.

Tableau 1 - Matériaux mis à l'épreuve au cours des essais

Groupe	Nom de code	Description	Fabricant
I (cuirs)	GB	Cuir	La GanterieBCL Ltée
	GP	Cuir de porc brossé	Gants Laurentide Ltée
	GD	Cuir de daim	Gants Laurentide Ltée
	GT	Cuir traité/Aqua thermal	Gants Laurentide Ltée
	EB	Cuir imperméabilisé	Entreprise P.Boucher Ltée
	TP	Cuir Pincho	Tempo Glove Manufacturing Inc.
	TA	Cuir Aqua Temp	Tempo Glove Manufacturing Inc.
	SG	Cuir vert	Shelby Specialty Gloves
	SY	Cuir jaune	Shelby Specialty Gloves
II (tissus enduits) provenant des gants	BP	Coton enduit de PVC	Best Glove Manufacturing Limited
	BC	Coton enduit de caoutchouc	Best Glove Manufacturing Limited
	BN	Coton enduit de néoprène	Best Glove Manufacturing Limited
III (composites)	NK	Composite Nomex/Kevlar	Friedrich Seiz GmbH, Allemagne
	PK	Composite PBI/Kevlar	Friedrich Seiz GmbH, Allemagne
	LK	Composite cuir/Kevlar	Friedrich Seiz GmbH, Allemagne

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

1. Rendement de protection thermique et résistance à l'abrasion

Le rendement de protection thermique (cote TPP) et la résistance à l'abrasion (nombre de cycles) des 15 différents matériaux ont fait l'objet d'essais et les résultats sont présentés au Tableau 2.

Tableau 2 - Cote TPP et résistance à l'abrasion des échantillons testés

Nom de code	Matériaux	Rend. de pro. ther. (TPP) \bar{x}	Résistance à l'abrasion (nombre de cycles) \bar{x}
GB	Cuir	10,1	1 081
GP	Cuir de porc brossé	15,2	6 500
GD	Cuir de daim	20,9	2 556
GT	Cuir traité/Aqua thermal	21,4	2 578
EB	Cuir imperméabilisé	19,6	1 144
TP	Cuir Pincho	17,7	2 579
TA	Cuir Aqua Temp	21,3	14 826
SG	Cuir vert	20,4	> 40 000**
SY	Cuir jaune	19,5	4 919
BP	Coton enduit de PVC	58,0	> 40 000**
BC	Coton enduit de caoutchouc	>70,8*	2 993
BN	Coton enduit de néoprène	32,2	1 672
NK	Composite Nomex/Kevlar	20,1	193
PK	Composite PBI/Kevlar	21,8	235
LK	Composite cuir/Kevlar	27,0	12 379

* Les trois épreuves effectuées sur l'échantillon BC se sont toutes révélées être au-delà des capacités de l'appareillage.

** On met fin aux essais lorsque le nombre de cycles d'abrasion dépasse 40 000.

On peut constater à la lecture du Tableau 2 que les matériaux enduits de caoutchouc, de PVC (BC, BP) affichent un rendement de protection thermique élevé ($TPP \geq 35$). Les composites Nomex/Kevlar, PBI/Kevlar et cuir/Kevlar, BN et plusieurs des cuirs (GT, TA GD et SG) fournissent un rendement de protection thermique moyen ($20 < TPP < 5$). Les cuirs GB, GP, EB, TP et SY ont un rendement de protection thermique faible ($TPP < 20$).

Le Tableau 2 montre que les composites NK et PK affichent le moins de résistance à l'abrasion parmi les échantillons, tandis que le composite LK démontre une résistance à l'abrasion beaucoup plus grande que le NK et le PK. Les matériaux qui ont un nombre de cycles de résistance à l'abrasion inférieur à 1000 sont: NK et PK. Les matériaux qui ont un nombre de cycles de résistance à l'abrasion situé entre 1000 et 10000 sont: GB, GP, GD, GT, EB, TP, SY, BC et BN. Les matériaux qui ont un nombre de cycles de résistance à l'abrasion supérieur à 10000 sont: SG, BP, TA et LK.

2. Absorption de l'eau, stabilité dimensionnelle et rigidité à différentes températures

L'absorption de l'eau, la stabilité dimensionnelle et la rigidité des échantillons d'essai ont été mesurées à des températures de 21 °C, 0 °C et -20 °C. Les Tableaux 3, 4 et 5 affichent les résultats de ces essais respectifs. Le Tableau 3 affiche les valeurs mesurées lors d'épreuves à une température de 21 °C.

Tableau 3 - Absorption d'eau, changement dimensionnel et rigidité à 21 °C et 65 ± 2% H.R.

Nom de code	Matériaux	Absorption d'eau (g/100g) $\bar{x} \pm \sigma$	Changement dimensionnel ($\Delta L/L_0$ %)* $\bar{x} \pm \sigma$	Rigidité (cm)		
				Avant mouillage S_0 $\bar{x} \pm \sigma$	Après mouillage S $\bar{x} \pm \sigma$	$\Delta S/S_0$ ** \bar{x}
GB	Cuir	7.2 ± 0.9	0.33 ± 0.0	7.4 ± 0.7	6.5 ± 0.6	- 12.2 %
GP	Cuir de porc brossé	85.4 ± 1.5	6.56 ± 0.56	6.7 ± 0.5	3.1 ± 0.4	- 53.7 %
GD	Cuir de daim	52.4 ± 5.0	3.50 ± 0.50	3.7 ± 0.2	4.2 ± 0.3	13.5 %
GT	Cuir traité/Aqua thermal	29.4 ± 3.1	1.83 ± 0.10	3.9 ± 0.3	3.7 ± 0.2	- 5.1 %
EB	Cuir imperméabilisé	7.4 ± 1.6	0.93 ± 0.25	4.5 ± 0.3	4.1 ± 0.3	- 8.9 %
TP	Cuir Pincho	54.3 ± 5.3	3.37 ± 0.24	3.7 ± 0.1	3.9 ± 0.2	5.4 %
TA	Cuir Aqua Temp	20.0 ± 2.8	0.83 ± 0.17	5.0 ± 0.2	5.0 ± 0.2	0 %
SG	Cuir vert	17.4 ± 1.6	0.5 ± 0.17	4.2 ± 0.2	3.7 ± 0.2	- 11.9 %
SY	Cuir jaune	49.7 ± 6.0	3.67 ± 0.69	6.8 ± 0.7	4.9 ± 0.6	- 27.9 %
BP	Coton enduit de PVC	7.0 ± 1.2	0	9.3 ± 0.6	9.3 ± 0.6	0 %
BC	Coton enduit de caoutchouc	7.9 ± 2.0	- 0.33 ± 0.10	9.1 ± 0.4	8.7 ± 0.4	- 4.4 %
BN	Coton enduit de néoprène	11.1 ± 2.0	- 0.83 ± 0.30	8.7 ± 0.5	8.4 ± 0.4	- 3.4 %
NK	Composite Nomex/Kevlar	5.4 ± 0.5	0	12.6 ± 0.2	8.6 ± 0.3	- 31.7 %
PK	Composite PBI/Kevlar	5.3 ± 1.0	0.17 ± 0.10	15.1 ± 0.2	9.9 ± 0.4	- 34.4 %
LK	Composite cuir/Kevlar	19.8 ± 0.7	0.25 ± 0.07	10.9 ± 0.7	9.2 ± 0.3	- 15.6 %

* Une valeur positive signifie un allongement du tissu après mouillage; une valeur négative, un rétrécissement.

** Une valeur positive signifie une rigidité accrue après mouillage; une valeur négative, une souplesse accrue.

L'essai de rigidité montre qu'avant le mouillage, le GD et le TP sont les plus souples des cuirs sélectionnés, tandis que le GB est le plus rigide des cuirs. Après mouillage, le GP devient le plus souple, tandis que le GB demeure le plus rigide. Il est intéressant de noter que la plupart des matériaux mis à l'essai s'assouplissent après un mouillage à une température de 21°C, sauf le GD, le TP et le TA. Après mouillage, seuls le GD et le TP (les plus souples avant le mouillage) durcissent, tandis que le TA demeure aussi souple. On peut constater, à la lecture du Tableau 3, que parmi les matériaux mis à l'essai, les cuirs possèdent une capacité d'absorption d'eau plus grande que les tissus composites. Parmi les cuirs, le GP affiche la capacité d'absorption d'eau la plus élevée ainsi que le changement dimensionnel le plus considérable après mouillage, tandis que le SG démontre la capacité d'absorption d'eau parmi les plus faibles; le GB et le SG affichent les changements dimensionnels les plus faibles.

Le Tableau 3 montre aussi que les matériaux enduits de PVC, de caoutchouc ou de néoprène sont plus rigides que les cuirs. Après mouillage, la rigidité et les dimensions varient peu car ils n'absorbent qu'une petite quantité d'eau. De fait, l'eau adhère à la surface des matériaux enduits plutôt que de pénétrer dans le tissu.

Les trois composites Nomex/Kevlar(NK), PBI/Kevlar (PK) et cuir/Kevlar (LK) possèdent une plus grande rigidité probablement due à leur épaisseur. Le NK et le PK affichent une capacité d'absorption d'eau faible ainsi qu'une variation dimensionnelle faible. Quoique les matériaux enduits de PVC, de caoutchouc et de néoprène possèdent une petite capacité d'absorption d'eau, leur rigidité diminue aussi après mouillage, sauf pour le BP qui n'affiche aucun changement de rigidité après mouillage.

Le Tableau 4 affiche les valeurs constatées à une température de 0 °C, en ce qui concerne l'absorption d'eau le changement dimensionnel et la rigidité des échantillons mis à l'essai.

Tableau 4 - Absorption d'eau, changement dimensionnel et rigidité à 0 °C et 52 ± 2% H.R.

Nom de code	Matériaux	Absorption d'eau (g/100g) $\bar{x} \pm \sigma$	Changement dimensionnel ($\Delta L/L_0$ %)* $\bar{x} \pm \sigma$	Rigidité (cm)		
				Avant mouillage S_0 $\bar{x} \pm \sigma$	Après mouillage S $\bar{x} \pm \sigma$	$\Delta S/S_0$ ** (%) \bar{x}
GB	Cuir	11.4 ± 2.0	0.33 ± 0.00	7.5 ± 0.8	7.1 ± 0.3	- 5.3 %
GP	Cuir de porc brosse	34.7 ± 5.2	2.39 ± 0.31	8.1 ± 0.9	6.7 ± 0.4	- 17.3 %
GD	Cuir de daim	19.3 ± 3.5	0.89 ± 0.25	4.0 ± 0.1	4.2 ± 0.3	5.0 %
GT	Cuir traité/Aqua thermal	26.4 ± 3.1	1.44 ± 0.16	4.2 ± 0.5	4.2 ± 0.4	0
EB	Cuir imperméabilisé	16.7 ± 3.4	1.07 ± 0.25	4.9 ± 0.2	4.6 ± 0.2	- 6.1 %
TP	Cuir Pincho	40.5 ± 3.9	1.28 ± 0.49	3.7 ± 0.1	3.9 ± 0.1	5.4 %
TA	Cuir Aqua Temp	18.4 ± 2.2	0.17 ± 0.08	5.9 ± 0.2	5.8 ± 0.2	- 1.7 %
SG	Cuir vert	12.9 ± 3.2	0.45 ± 0.17	4.2 ± 0.1	3.8 ± 0.1	- 9.5 %
SY	Cuir jaune	29.6 ± 4.1	0.61 ± 0.30	7.2 ± 0.7	6.0 ± 0.4	- 16.7 %
BP	Coton enduit de PVC	5.2 ± 1.1	0	10.4 ± 1.0	10.4 ± 1.0	0 %
BC	Coton enduit de caoutchouc	4.7 ± 0.4	0	11.7 ± 0.3	11.3 ± 0.9	- 3.4 %
BN	Coton enduit de néoprène	7.8 ± 0.7	0	9.7 ± 0.2	9.4 ± 0.4	- 3.1 %
NK	Composite Nomex/Kevlar	5.0 ± 1.0	0	12.6 ± 0.5	9.0 ± 0.3	- 28.6 %
PK	Composite PBI/Kevlar	5.5 ± 1.2	0	15.2 ± 0.7	10.1 ± 0.3	- 33.6 %
LK	Composite cuir/Kevlar	10.9 ± 1.8	0.41 ± 0.15	11.7 ± 0.4	10.3 ± 0.1	- 12.0 %

* Une valeur positive signifie un allongement du tissu après mouillage; une valeur négative, un rétrécissement.

** Une valeur positive signifie une rigidité accrue après mouillage; une valeur négative, une souplesse accrue.

On peut constater à la lecture du Tableau 4, par rapport au Tableau 3, que la rigidité augmente à mesure que la température baisse, que les échantillons soient secs ou mouillés, sauf pour le TP et le SG qui ne démontrent presque aucun changement de rigidité lorsque la température passe de 21 °C à 0 °C. Le même phénomène joue à 0 °C où l'on constate que le mouillage diminue la rigidité dans la plupart des cas, sauf pour le GT, le BP (pas de variation de rigidité après mouillage), le GD et le TP (le mouillage accroît la rigidité).

Le Tableau 5 affiche les valeurs constatées à une température de -20 °C, en ce qui concerne l'absorption d'eau, le changement dimensionnel et la rigidité des échantillons mis à l'essai.

Tableau 5 - Absorption d'eau, changement dimensionnel et rigidité à -20° C et 64 ± 2% H.R.

Nom de code	Matériaux	Absorption d'eau (g/100g) $\bar{x} \pm \sigma$	Changement dimensionnel ($\Delta L/L_0$ %)* $\bar{x} \pm \sigma$	Rigidité (cm)		
				Avant mouillage S_0 $\bar{x} \pm \sigma$	Après mouillage S $\bar{x} \pm \sigma$	$\Delta S/S_0$ ** (%) \bar{x}
GB	Cuir	13.8 ± 1.1	0.17 ± 0.08	8.8 ± 0.5	9.7 ± 0.3	10.2 %
GP	Cuir de porc brossé	11.0 ± 1.8	1.84 ± 0.17	10.6 ± 1.0	13.2 ± 1.2	24.5 %
GD	Cuir de daim	9.1 ± 1.8	0.33 ± 0	5.2 ± 0.6	8.3 ± 0.6	59.6 %
GT	Cuir traité/Aqua thermal	12.0 ± 1.6	1.17 ± 0.37	6.0 ± 0.8	10.5 ± 0.6	75.0 %
EB	Cuir imperméabilisé	14.7 ± 1.7	0.82 ± 0.17	5.2 ± 0.2	10.9 ± 0.4	109.6 %
TP	Cuir Pincho	23.3 ± 1.8	1.50 ± 0.37	3.8 ± 0	10.6 ± 0.8	178.9 %
TA	Cuir Aqua Temp	11.2 ± 1.4	0.30 ± 0.10	7.5 ± 0.6	14.7 ± 1.0	96.0 %
SG	Cuir vert	9.6 ± 1.6	1.08 ± 0.12	4.5 ± 0.1	8.0 ± 0.7	77.8 %
SY	Cuir jaune	17.7 ± 0.6	0.67 ± 0	7.9 ± 1.1	15.1 ± 1.2	91.1 %
BP	Coton enduit de PVC	13.0 ± 1.2	0	14.6 ± 0.7	15.5 ± 1.1	6.2 %
BC	Coton enduit de caoutchouc	18.4 ± 2.2	0	17.7 ± 1.0	19.7 ± 0.9	11.3 %
BN	Coton enduit de néoprène	14.8 ± 3.0	0	12.9 ± 1.1	14.0 ± 1.1	8.5 %
NK	Composite Nomex/Kevlar	48.7 ± 3.9	0	13.2 ± 0.5	19.9 ± 3.0	50.8 %
PK	Composite PBI/Kevlar	38.7 ± 7.9	0	16.0 ± 0.6	18.4 ± 1.8	15.0 %
LK	Composite cuir/Kevlar	15.0 ± 1.0	0.17 ± 0.10	14.2 ± 0.4	17.9 ± 0.6	26.1 %

* Une valeur positive signifie un allongement du tissu après mouillage; une valeur négative, un rétrécissement.

** Une valeur positive signifie une rigidité accrue après mouillage; une valeur négative, une souplesse accrue.

On peut constater à la lecture du Tableau 5 qu'à une température de -20 °C, le changement dimensionnel diminue par rapport à des températures de 21 °C et de 0 °C. Les matériaux tels que le GB, le EB, le BP, le BC, le BN, le NK, le PK et le LK affichent une faible absorption d'eau à 21 °C; celle-ci est plus élevée à une température de -20 °C qu'à des températures de 21 °C et de 0 °C.

Le Tableau 5 montre que l'absorption d'eau affecte plus la rigidité du matériau TP ($\Delta S/S_0 = 178,9\%$), et aussi de façon importante la rigidité des matériaux EB ($\Delta S/S_0 = 109,6\%$), TA ($\Delta S/S_0 = 96,0\%$) et SY ($\Delta S/S_0 = 91,1\%$). De plus, l'absorption d'eau a un impact faible sur la rigidité de BP, BC, BN, GB et PK.

Le GD et le SG possèdent la rigidité la plus faible avant et après mouillage à une température de -20 °C.

Afin de pouvoir comparer les effets de la température et du mouillage sur la rigidité, les Figures 4 et 5 indiquent les effets de la température sur la rigidité respective d'échantillons secs et mouillés.

Échantillons secs à différentes températures

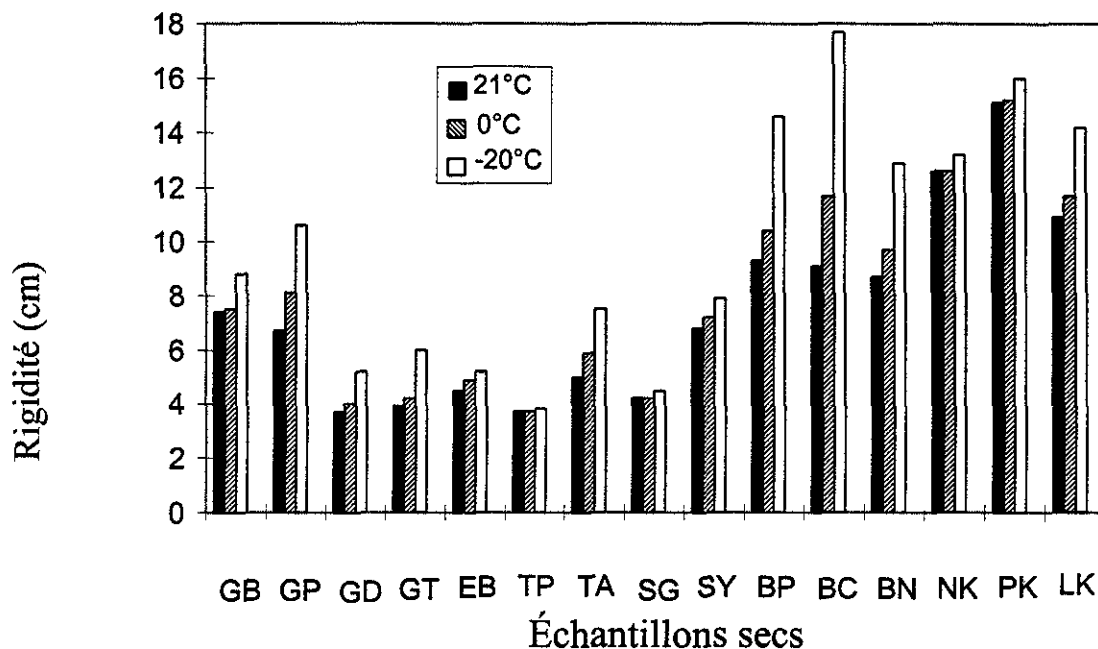


Figure 4 - Effets de la température sur la rigidité des échantillons secs

On peut constater à la lecture de la Figure 4 que la température affecte peu la rigidité des échantillons secs des matériaux TP et SG, mais qu'elle affecte considérablement les tissus enduits comme le BP, le BC et le BN. Les échantillons secs de TP et de SG possèdent une rigidité faible même à une température de -20 °C. La Figure 5 indique les effets de la température sur la rigidité des échantillons mouillés.

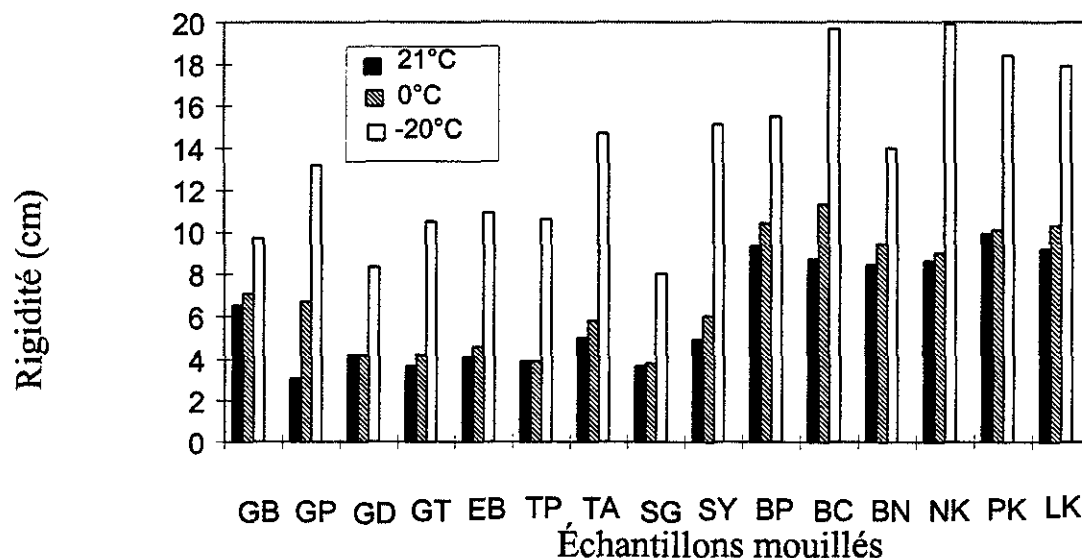


Figure 5 - Effets de la température sur la rigidité des échantillons mouillés

On peut constater à la lecture de la Figure 5 que la température affecte énormément la rigidité des échantillons mouillés surtout à -20°C , étant donné que l'eau absorbée par les échantillons gèle et durcit encore plus l'échantillon mouillé. Les échantillons mouillés des matériaux GD et SG possèdent la rigidité la plus faible même à une température de -20°C .

3. Comparaison des échantillons dotés des meilleures propriétés au sein d'un même groupe

Le but de l'étude est d'évaluer la performance des matériaux dans des conditions précises (rigidité à différentes températures, rendement de protection thermique, résistance à l'abrasion, absorption d'eau et changement dimensionnel) pour faciliter le choix en vue d'une application particulière (gants de pompiers). Le Tableau 6 présente les résultats obtenus sous forme de matrice. La pondération dépend évidemment des objectifs poursuivis.

La pondération de la matrice des résultats a été donnée selon l'importance de chaque critère d'évaluation afin de refléter les objectifs poursuivis tels que mentionnés dans l'introduction. L'objectif principal est de sélectionner parmi les matériaux choisis ceux offrant la meilleure dextérité à différentes températures et conditions d'humidité, d'où la pondération de 140 points sur un total de 190 pour le critère de rigidité. De plus, les matériaux retenus doivent être compatibles avec le travail des pompiers et offrir un bon rendement de protection thermique (TPP). Pour ces raisons, la pondération utilisée dans la matrice des résultats est la suivante :

Rigidité à 20°C	(60 points)
Rigidité à 0°C	(40 points)
Rigidité à -20°C	(40 points)
TPP	(40 points)
Résistance à l'abrasion	(10 points)

De plus, afin de classer les matériaux selon leurs performances, le système de pointage suivant a été utilisé :

- A : 3 points
- B : 2 points
- C : 1 point
- D : 0 point

Ce système de points a été établi à la suite des résultats obtenus et permet de classer les matériaux selon leurs performances relatives pour chacun des critères évalués. Pour le rendement de protection thermique (TPP), les quatre classes sont divisées également et la valeur retenue pour obtenir la classe A correspond au TPP minimum recommandé par la norme NFPA 1971 [14] pour les vêtements de protection des pompiers. Pour le critère de rigidité, les classes sont réparties également. Les classes retenues pour le critère de résistance à l'abrasion (R_u) ne sont pas divisées également afin de pouvoir distinguer les performances entre les différents matériaux. Avec ce classement, on obtient la distribution suivante ; 2 résultats pour la classe A, 2 pour B, 9 pour C et 2 pour D.

Tableau 6 - Matrice des résultats obtenus

Critères d'évaluation	Code	TPP	Résistance à l'abrasion	Rigidité (S)						Pointage
				à 21 °C Sec 20	Mouillé 20	à 0 °C Sec 20	Mouillé 20	à -20 °C Sec 30	mouillé 30	
Pondération		40	10							
Cuir	GB	D	C	B	B	B	B	B	B	290
Cuir de porc brossé	GP	C	C	B	A	B	B	C	C	290
Cuir de daim	GD	C	C	A	A	A	A	B	B	410
Cuir traité/Aqua thermal	GT	C	C	A	A	A	A	B	C	380
Cuir imperméabilisé	EB	C	C	A	A	A	A	B	C	380
Cuir Pincho	TP	C	C	A	A	A	A	A	C	410
Cuir Aqua Temp	TA	C	B	B	B	B	B	B	C	310
Cuir vert	SG	C	A	A	A	A	A	A	B	460
Cuir jaune	SY	C	C	B	A	B	B	B	D	290
Coton enduit de PVC	BP	A	A	B	B	C	C	C	D	300
Coton enduit de caoutchouc	BC	A	C	B	B	C	C	D	D	250
Coton enduit de néoprène	BN	B	C	B	B	B	B	C	C	310
Composite Nomex/Kevlar	NK	C	D	C	B	C	B	C	D	190
Composite PBI/Kevlar	PK	C	D	D	B	D	C	D	D	100
Composite cuir/Kevlar	LK	B	B	C	B	C	C	C	D	230

Critères

TPP	A	TPP > 35	A = 3 pts
	B	25 < TPP <= 35	B = 2 pts
	C	15 < TPP <= 25	C = 1 pt
	D	TPP <= 15	D = 0 pt

Résistance à l'abrasion	A	Ru > 40k
	B	10k < Ru <= 40
	C	1k < Ru <= 10k
	D	Ru < 1k

Rigidité	A	S < 5
	B	5 < S <= 10
	C	10 < S <= 15
	D	15 < S <= 20

Le Tableau 6 démontre que le résultat de SG est le meilleur du groupe des cuirs et que BN est le meilleur des cotons enduits. LK est le meilleur du groupe des composites.

CONCLUSIONS

Pour être en mesure de bien étudier les propriétés des matériaux de confection des gants dans des situations de froid et d'humidité, trois catégories de matériaux comprenant quinze échantillons ont été mises à l'essai.

Les matériaux enduits de caoutchouc et de PVC (BC et BP) affichent un rendement de protection thermique élevé (TPP > 35). Tous les autres échantillons affichent un rendement de protection thermique TPP < 35. Les composites (Nomex/Kevlar, PBI/Kevlar et cuir/Kevlar) et plusieurs des cuirs (GT, TA, GD et SG) fournissent un rendement de protection thermique moyen. Les cuirs GB, GP, EB, TP et SY ont un rendement de protection thermique faible.

Les matériaux de surface Nomex et PBI font partie des composites NK et PK, ils affichent le moins de résistance à l'abrasion parmi les échantillons, tandis que le cuir de surface du composite LK démontre une résistance à l'abrasion beaucoup plus grande que le NK et le PK. Les matériaux GB, GP, GD, EB, TP, SY, BC et BN affichent une résistance à l'abrasion moyenne et les matériaux SG, BP, TA et LK affichent une résistance à l'abrasion élevée.

Les groupes respectifs de matériaux enduits et de composites absorbent moins d'eau que les cuirs. L'absorption d'eau diminue à mesure que la température baisse. Toutefois à -20 °C, l'absorption d'eau augmente. Il ne s'agit pas vraiment d'absorption d'eau dans ce cas, mais plutôt de la formation d'une couche de glace sur la couche externe de l'échantillon.

En règle générale, les variations dimensionnelles après mouillage des matériaux mis à l'essai sont négligeables parce que ceux-ci absorbent plus d'eau que les tissus enduits et les composites. Les cuirs, quant à eux, ont des variations dimensionnelles plus importantes à 21 °C. À cette température, le cuir de porc (GP), le cuir jaune (SY), le cuir de daim (GD) et le cuir Pincho (TP) affichent des variations dimensionnelles relativement élevées (de 6,56% à 3,37%).

La plupart des matériaux qui ont fait l'objet des essais s'assouplissent après un mouillage à une température de 21°C, et même à 0 °C. Toutefois, les matériaux testés devenaient plus rigides à -20 °C. On peut donc dire que la température exerce une influence plus importante sur les échantillons mouillés que sur les échantillons secs.

Les tissus enduits et les composites sont plus rigides que les cuirs étant donné leurs différences d'épaisseur et de construction. Dans des situations de froid (-20 °C) et d'humidité, les cuirs SG et GD affichent la rigidité la plus faible de tous les matériaux mis à l'épreuve.

En fonction des résultats des essais en matière de cote de rendement de protection thermique, de résistance à l'abrasion et de rigidité dans des situations de froid et d'humidité, SG est le meilleur du groupe des cuirs, BN est le meilleur du groupe des cotons enduits et LK est le meilleur du groupe des composites.

REMERCIEMENTS

Le Centre des technologies textiles tient à souligner le soutien apporté par l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) pour la réalisation de cette recherche. Nous tenons aussi à remercier les entreprises mentionnées dans ce rapport qui ont fourni les échantillons nécessaires aux essais.

RÉFÉRENCES

1. C.J. Abraham, M. Newman and J.H. Bidanset, PERFORMANCE OF PROTECTIVE CLOTHING, Second Symposium, ASTM STP 989, S.Z. Mansdorf etc. Edit. ASTM, Philadelphia, 1988, pp 422-438.
2. E. Braun, D. Cobb, V.B. Cobble, J.F. Krasny and R.D. Peacock, JOURNAL OF CONSUMER PRODUCT FLAMMABILITY, Vol. 7, No. 1, 1980, pp 15-25.
3. R.M. Perkins, TEXTILE RESEARCH JOURNAL, Vol. 49, No. 4 1979, pp 202-212.
4. E. Powell, THE DEVELOPPEMENT OF PROTECTIVE GLOVE FOR FIREMEN, James North & Sons Ltd. Hyde, 1989, pp 41-44.
5. J.H. Veght, FIRE TECHNOLOGY, Vol. 23, No. 4, 1987, pp 313-322.
6. H.J. Wezel, PROTECTIVE GLOVES FOR FIREFIGHTING OPERATIONS.
7. D.S. Herman, PERFORMANCE OF PROTECTIVE CLOTHING, Fourth Volume, ASTM STP 1133, McBriarty et.al. Editors, Philadelphia, 1992, pp 350-362.
8. R.E. Bouchillon, PERFORMANCE OF PROTECTIVE CLOTHING, ASTM STP 900, R.L. Barker et.al. Editors, ASTM, Philadelphia, 1986, pp 389-404.
9. J. Paureau and M. Rollin, PERFORMANCE OF PROTECTIVE CLOTHING, Fourth Volume, ASTM STP 1133, McBriarty et.al. Editors, Philadelphia, 1992, pp 237-251.
10. Y. Shao and M. Filteau, VETEMENTS DE PROTECTION POUR LES POMPIERS, Centre des technologies textiles, 1997.
11. NFPA 1971, STANDARD ON PROTECTIVE ENSEMBLE FOR STRUCTURAL FIRE FIGHTING, 1997 Edition.
12. BNQ 1923-750, GANTS DE PROTECTION UTILISES POUR COMBATTRE LES INCENDIES DE BATIMENT, 1984-07-25.
13. M. Weltrowski, M. Filteau and D. Duhamel, VETEMENTS DE PROTECTION POUR LES POMPIERS, Centre des technologies textiles, 1996.
14. NFPA 1971, STANDARD ON PROTECTIVE ENSEMBLE FOR STRUCTURAL FIRE FIGHTING, 1997 Edition, Section 6.10, P42-46.
15. Water Resistance : Impact Penetration Test 1996 Technical Mannual of the American Association of Textile Chemists and Colorists, AATCC Test Method 42-1994, p89-90
16. Stiffness of Cloth, Directional ; Swlf-weighted Cantilever Method Federal Test Method Standard (FTMS) No. 191 Test Method 5204, 1978
17. Abrasion Resistance of Textile Fabrics (Rotary Platform, Double-head Method 1998 Annual Book of ASTM Standards Vol. 07.02 p160-164 ASTM D3884-92