

**Impact de l'entretien
sur la résistance au glissement
des planchers**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

André Massicotte
Sophie Boudrias
François Quirion

Novembre 2001 R-283

RAPPORT



La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (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 subventionne 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, en téléphonant au 1-877-221-7046.

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

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec
2001

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publifications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail
Novembre 2001.

Impact de l'entretien sur la résistance au glissement des planchers

André Massicotte, Sophie Boudrias, François Quirion,
QI Recherche et Développement Technologique inc.

ÉTUDES ET RECHERCHES

RAPPORT

 Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

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

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

SOMMAIRE

Depuis 1997, QInc a réalisé plusieurs recherches expérimentales visant à optimiser l'entretien des planchers dans le but ultime de réduire le nombre de lésions professionnelles causées par les chutes sur les planchers glissants. La particularité de la présente étude est d'aborder la problématique de la glissance des planchers qui sont peu susceptibles d'être contaminés par la matière grasse, par exemple les corridors et les salles des centres hospitaliers et des écoles.

Dans les études antérieures, on évaluait l'efficacité d'un nettoyage à enlever la matière grasse. Dans cette étude, on évalue l'impact de 180 nettoyages sur la résistance au glissement ainsi que sur l'intégrité et le lustre des revêtements de sol.

La détermination de l'impact de l'entretien sur la résistance au glissement consiste à évaluer la différence entre la friction avant et après l'entretien et de l'exprimer en pourcentage de la friction initiale. L'approche comparative de la friction a l'avantage d'être peu sensible à la méthode d'essai utilisée et elle permet d'identifier les interventions ayant un impact significatif sur la résistance au glissement, par exemple : l'usure d'un revêtement ; l'application d'un fini ; le traitement à l'acide fluorhydrique ; l'entretien prolongé ; etc. L'approche comparative a aussi été utilisée pour évaluer l'impact sur le lustre et sur l'intégrité des revêtements de sol.

Une étude laboratoire ne peut tenir compte de l'usure des revêtements à travers les décennies. Nous avons donc colligé des données expérimentales dans le cadre d'une étude terrain se déroulant dans un centre hospitalier. L'impact de l'usure sur la résistance au glissement de plusieurs types de revêtements de sol a été évalué en comparant la friction d'une zone passante à celle d'une zone isolée du même revêtement de sol.

Les paramètres de la friction ont été mesurés à l'aide d'un montage maison utilisant l'approche de la « tirée horizontale » sur des revêtements de sol secs. Une version portable de ce montage a aussi été développée afin d'obtenir la friction des revêtements de sol de l'étude terrain dans des conditions se rapprochant le plus possible de celles prévalant lors des tests en laboratoire.

À la demande des intervenants du secteur des centres hospitaliers, nous avons abordé la problématique du nettoyage des planchers recouverts de paraffine. Cette situation est très fréquente dans les départements de pathologie qui sont à la recherche de solutions permettant de déloger efficacement la paraffine.

Les principales observations relatives à ces activités sont décrites ci-dessous.

❑ Impact de l'entretien quotidien sur la résistance au glissement des revêtements.

Une procédure a été développée en laboratoire pour simuler six mois d'entretien quotidien pour différentes combinaisons de :

- revêtement de sol : vinyle, grès, céramique.
- fini acrylique : bouche pore, fini basse vitesse, fini ultra-haute vitesse.
- nettoyeur à plancher : eau, NA, NN, et quelques tests avec C et DG.
- méthode de nettoyage : nettoyage humide à la moppe et nettoyage à la machine.

L'analyse de deux finis acryliques appartenant à la famille des finis basse vitesse montre qu'ils se comportent de façon significativement différentes suggérant qu'il existe une grande variabilité dans cette famille de produit et possiblement dans les autres familles de finis acryliques.

De façon très générale, il ressort que l'entretien quotidien avec un nettoyeur de type NA ou NN affecte peu les caractéristiques des revêtements de sol, sauf pour le fini basse vitesse et la céramique traitée à l'acide fluorhydrique dont les caractéristiques se détériorent significativement, autant pour le nettoyage à la moppe qu'à la machine.

La résistance au glissement ne semble pas, à priori, décroître avec l'augmentation du lustre des revêtements de sol confirmant qu'un plancher sec et brillant n'est pas nécessairement plus glissant qu'un plancher sec et mat.

La résistance au glissement des revêtements recouverts d'un bouche pore ou d'un fini acrylique basse vitesse semble diminuer lorsqu'ils sont entretenus à l'eau, sans nettoyeurs à plancher.

❑ Évaluation de la résistance au glissement sur le terrain.

Les frictions obtenues sur les revêtements de sol d'un centre hospitalier ont été utilisés pour évaluer l'impact de l'usure dû à la circulation et aussi pour comparer la résistance au glissement des différents types de revêtements.

Il s'avère que l'usure n'affecte pas tous les revêtements de la même façon, de sorte que le choix d'un revêtement basé uniquement sur ses performances à l'installation n'est pas souhaitable. Il faudra aussi tenir compte de l'impact de l'usure et de la possibilité de régénérer périodiquement les qualités initiales des revêtements de sol.

De façon générale, les zones usées par la circulation ont une résistance au glissement moins grande que les zones isolées. Cette notion suggère que les planchers secs et usés sont plus glissants que les planchers secs et neufs.

□ **Entretien des planchers recouverts de paraffine.**

Cette partie de l'étude vise à évaluer l'impact de l'accumulation de la paraffine sur les planchers et à identifier une ou des procédures de nettoyage pouvant déloger efficacement la paraffine des planchers. La principale difficulté associée à la paraffine est qu'elle constitue une souillure solide mais suffisamment molle pour se déformer sous pression.

Ainsi, à la fin d'un quart de travail, le plancher est recouvert d'un film de paraffine solide auquel s'ajoute des morceaux compactés qui génèrent une rugosité artificielle plus importante que celle du revêtement sans paraffine. Paradoxalement, cette rugosité artificielle causée par l'accumulation de grandes quantités de paraffine résulte en une augmentation artificielle de la résistance au glissement du revêtement de sol.

Un entretien agressif, combinant l'action mécanique et un nettoyant à plancher, réussit assez bien à éliminer l'excès de paraffine et par la même occasion, réduire la rugosité artificielle et la résistance au glissement qu'elle génère. Pour palier à cet effet, il faudrait mettre au point un nettoyage capable d'éliminer la totalité de la paraffine accumulée. Nos efforts n'ont pas encore permis d'identifier une telle méthode.

Les frictions obtenues dans un département de pathologie montrent qu'après un quart de travail, la résistance au glissement dans le laboratoire est plus élevée que dans les corridors entourant le laboratoire, possiblement par le transport de faible quantité de paraffine dans les corridors. Ces quantités seraient suffisantes pour réduire la résistance au glissement mais insuffisantes pour générer une rugosité artificielle comme c'est le cas dans le laboratoire.

La problématique des planchers recouverts de paraffine s'est avérée plus complexe que prévue et nous ne sommes malheureusement pas en mesure d'identifier des méthodes de nettoyage qui permettent à la fois d'éliminer la paraffine et d'augmenter la résistance au glissement des planchers des laboratoires.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	I
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES FIGURES	VII
LISTE DES TABLEAUX	IX
PROBLÉMATIQUE	1
Les chutes par glissades	1
Résistance au glissement et coefficient de friction.....	2
Approche comparative de la friction.....	3
Friction intrinsèque par tirée horizontale.....	3
Objectifs de l'étude.....	4
Mesure fiable du coefficient de friction	4
Comparaison des résultats terrain et laboratoire.....	4
Impact de l'entretien sur la résistance au glissement.....	5
Nettoyage de la paraffine	5
VARIABLES DE L'ÉTUDE	6
Revêtements de sol.....	6
Finis et bouche pore acryliques	7
Nettoyants à plancher	8
Nettoyage à la moppe.....	10
Nettoyage à la machine.....	12
MÉTHODES EXPÉRIMENTALES	13
Concentration de surface	13
Lustre.....	13
Mouillabilité par l'eau	14
Coefficient de friction et indice de rugosité.....	16
VALIDATION DE L'APPROCHE COMPARATIVE DE LA FRICTION	20
CARACTÉRISTIQUES DES REVÊTEMENTS	22
Impact de l'application d'un bouche pore ou d'un fini.....	23
Impact de l'usure physique du vinyle fini.....	24
Impact du traitement à l'acide fluorhydrique de la céramique glacée	25
ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES AVEC L'ENTRETIEN	26
Lustre.....	26
Concentration du fini.....	26
Friction	27
Mouillabilité par l'eau	27
IMPACT DE SIX MOIS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN	28
Sur deux finis basse vitesse.....	29
Selon la température de la solution de lavage.....	30
Moppe : Vinyle recouvert du bouche pore	31
Moppe : Vinyle recouvert du fini basse vitesse	32

Moppe : Vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse.....	33
Moppe : Grès recouvert du bouche pore.....	34
Moppe : Grès recouvert du fini basse vitesse	35
Moppe : Céramique	36
Machine : Vinyle recouvert du bouche pore	37
Machine : Vinyle recouvert du fini basse vitesse	38
Machine : Vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse	39
Machine : Grès recouvert du bouche pore.....	40
Machine : Céramique.....	41
ENTRETIEN À LA MOPPE VS ENTRETIEN À LA MACHINE	42
LUSTRE ET FRICTION DES PLANCHERS	44
NETTOYAGE DE LA PARAFFINE	45
Problématique spécifique	45
Friction du vinyle recouvert de paraffine	46
Compatibilité de la paraffine avec les nettoyants.....	48
Brossage léger manuel	49
Brossage agressif manuel	51
Brossage agressif à la machine	53
Impact de la paraffine dans un département de pathologie	54
Bilan du brossage de la paraffine	55
INTERVENTIONS TERRAINS	56
Description des zones investiguées.....	57
Comparaison des revêtements de sol	58
Impact de l'usure due à la circulation.....	61
Évolution temporelle de la friction suite à l'application d'un fini	63
CONCLUSIONS	64
REMERCIEMENTS	66

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Montage expérimental utilisé pour simuler le nettoyage des échantillons de revêtements.....	11
Figure 2 : Montage expérimental pour simuler l'entretien à la machine (175 rpm, tampon rouge).	12
Figure 3 : Illustration de l'angle de contact d'une goutte de liquide sur une surface qu'elle ne mouille pas.....	14
Figure 4 : Illustration du montage expérimental utilisé pour déterminer les paramètres de friction par tirée horizontale. L'échantillon est en noir.	16
Figure 5 : Exemple de l'évolution du coefficient de friction lors d'une détermination par tirée horizontale sur une tuile de vinyle de 7.5 cm recouverte de fini basse vitesse. Le coefficient de friction statique, μ_s , le coefficient de friction dynamique, μ_k , et l'indice de rugosité, IR , sont montrés.	17
Figure 6 : Comparaison de la friction dynamique, μ_k , et de l'indice de rugosité, IR , de revêtements obtenus avec la procédure laboratoire (gauche) et la procédure terrain (droite).	18
Figure 7 : Effet de la vitesse de déplacement du chariot sur la friction dynamique, μ_k , de la porcelaine (haut), du vinyle ciré (milieu) et d'une céramique murale (bas).	18
Figure 8 : Comparaison de la friction dynamique, μ_k , selon le type de chariot utilisé avec la méthode de la tirée horizontale. Les barres d'erreur correspondent à l'écart type sur 4 à 5 mesures consécutives sur un échantillon.....	20
Figure 9 : Impact de l'application d'un fini basse vitesse sur la friction dynamique, μ_k , du vinyle décapé selon le type de chariot utilisé.....	21
Figure 10 : Évolution du lustre d'un vinyle recouvert de fini basse vitesse avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyeur à plancher.....	26
Figure 11 : Évolution de la concentration en fini basse vitesse, usure, avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyeur à plancher.....	26
Figure 12 : Évolution de la variation de la friction dynamique, μ_k , d'un vinyle recouvert de fini basse vitesse avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyeur à plancher.	27

Figure 13 : Évolution de la mouillabilité par l'eau, ME, d'un vinyle recouvert de fini basse vitesse avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyant à plancher.....	27
Figure 14 : Corrélation entre l'indice de rugosité et le lustre du vinyle recouvert d'un fini acrylique.	44
Figure 15 : Corrélation entre la friction dynamique, μ_k , et le lustre d'un vinyle recouvert d'un fini acrylique.	44
Figure 16 : Analyse thermique (AT-HLM) obtenue lors du réchauffement de la paraffine. Un pic vers le bas indique une transition endothermique.	45
Figure 17 : Évolution de la réflectivité du vinyle décapé avec l'application de paraffine.	46
Figure 18 : Évolution de la friction dynamique (μ_k à gauche) et de l'indice de rugosité (IR à droite) avec la concentration de surface en paraffine. Les traits pleins correspondent au vinyle sans paraffine.	47
Figure 19 : Corrélation entre la friction dynamique, μ_k , et l'indice de rugosité, IR, du vinyle recouvert de paraffine.....	47
Figure 20 : Comparaison de l'étalement d'une goutte d'une solution de DG sur le vinyle décapé sans paraffine (haut) et recouvert d'un excès de paraffine (bas).	48
Figure 21 : Image d'une surface de vinyle recouverte de paraffine suite à l'application de la solution de lavage.	48
Figure 22 : Montage expérimental et brosse à poils souples utilisée lors du nettoyage manuel avec un léger brossage.....	49
Figure 23 : Montage expérimental et brosse utilisée pour le nettoyage manuel agressif.	51
Figure 24 : Corrélation entre l'impact du nettoyage sur la friction dynamique, μ_k , et l'impact sur l'indice de rugosité, IR, lors du nettoyage du vinyle recouvert de paraffine.....	55
Figure 25 : Évolution dans le temps de la friction dynamique d'une zone isolée et d'une zone passante d'un plancher de vinyle fraîchement recouvert d'un fini acrylique basse vitesse.....	63
Figure 26 : Évolution dans le temps de l'impact de l'application d'un fini basse vitesse sur la friction dynamique, μ_k , du vinyle. L'impact est relatif à une zone adjacente non finie.....	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description des revêtements de sol de cette activité.	6
Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques du bouche pore et des finis de cette activité.	8
Tableau 3 : Description sommaire des catégories de nettoyeurs à plancher (Selon QInc).	9
Tableau 4 : Caractéristiques des nettoyeurs à plancher de cette activité.	9
Tableau 5 : Sommaire des paramètres associés au nettoyage humide.	10
Tableau 6 : Sommaire des paramètres associés au nettoyage à la machine.....	12
Tableau 7 : Incertitude expérimentale des paramètres de friction par tirée horizontale.	19
Tableau 8 : Caractéristiques des chariots testés pour la friction par tirée horizontale. ...	20
Tableau 9 : Propriétés initiales des revêtements testés dans cette activité.....	22
Tableau 10 : Impact de l'application d'un bouche pore ou d'un fini sur les caractéristiques du vinyle et du grès.....	23
Tableau 11 : Impact de l'usure physique sur les caractéristiques du bouche pore et des finis.	24
Tableau 12 : Impact du traitement à l'acide fluorhydrique sur les caractéristiques de la céramique.....	25
Tableau 13 : Description des abréviations utilisées pour rapporter l'impact de l'entretien.	28
Tableau 14 : Comparaison de l'impact de six mois d'entretien sur les caractéristiques de deux finis basse vitesse différents.	29
Tableau 15 : Impact de la température de la solution de lavage après six mois d'entretien du vinyle recouvert du fini basse vitesse.....	30
Tableau 16 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du bouche pore intact.	31
Tableau 17 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du bouche pore utilisé physiquement.....	31
Tableau 18 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini basse vitesse intact.	32

Tableau 19 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini basse vitesse usé physiquement.....	32
Tableau 20 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse intact.....	33
Tableau 21 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse usé physiquement.....	33
Tableau 22 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le grès recouvert du bouche pore intact.....	34
Tableau 23 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le grès recouvert du fini basse vitesse intact.....	35
Tableau 24 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur la céramique glacée.....	36
Tableau 25 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur la céramique traitée à l'acide fluorhydrique.....	36
Tableau 26 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le vinyle recouvert du bouche pore.....	37
Tableau 27 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le vinyle recouvert du fini basse vitesse.....	38
Tableau 28 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse.....	39
Tableau 29 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le grès recouvert du bouche pore.....	40
Tableau 30 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur la céramique traitée ou non à l'acide fluorhydrique.....	41
Tableau 31 : Comparaison de l'impact de six mois d'entretien à la moppe et à la machine avec un nettoyant de type NN	42
Tableau 32 : Sommaire des résultats du nettoyage manuel avec léger brossage des tuiles de vinyle recouvertes de paraffine.....	50
Tableau 33 : Sommaire des résultats du nettoyage manuel avec un brossage agressif des tuiles de vinyle recouvertes de paraffine.....	52
Tableau 34 : Sommaire des résultats du nettoyage à la machine (tampon noir, 175 rpm) des tuiles de vinyle recouvertes de paraffine.....	53

Tableau 35 : Impact de l'accumulation de la paraffine sur les planchers de vinyle à l'intérieur du département de pathologie d'un Centre Hospitalier. Le plancher référence est un vinyle recouvert d'un fini usé avec $\mu_k = 0.22$ et $IR = 1.8$	54
Tableau 36 : Description sommaire des zones terrains investiguées.....	57
Tableau 37 : Description sommaire de l'entretien des planchers du centre hospitalier visité pour l'étude terrain.....	58
Tableau 38 : Pourcentage d'écart de la friction dynamique, μ_k , et de l'indice de rugosité, IR , des revêtements intacts par rapport à la référence intacte. Le revêtement de référence est un vinyle recouvert d'un fini UHV intact (zone 1 et 6) avec $\mu_k = 0.272$ et $IR = 2.1$	58
Tableau 39 : Pourcentage d'écart de la friction dynamique, μ_k , et de l'indice de rugosité, IR , des revêtements usés par rapport à la référence usée. Le revêtement de référence est un vinyle recouvert d'un fini UHV usé (zone 3) avec $\mu_k = 0.216$ et $IR = 1.8$	59
Tableau 40 : Impact de l'usure due à la circulation sur la friction dynamique des planchers d'un centre hospitalier.	61
Tableau 41 : Impact de l'usure due à la circulation sur l'indice de rugosité des planchers d'un centre hospitalier.....	62

PROBLÉMATIQUE

L'entretien optimal des planchers vise à maintenir la résistance au glissement des planchers et ainsi réduire l'incidence des chutes par glissades. Ce postulat est à la base de nos travaux depuis 1997 et il a reçu un très bon accueil chez les intervenants de plusieurs secteurs d'activité.

Pour évaluer l'impact de l'entretien sur la résistance au glissement, il faut évaluer la résistance au glissement des revêtements de sol. Or, la mesure de la résistance au glissement constitue un programme de recherche en soit. Ce n'est toutefois pas notre intention de nous enliser dans la polémique de la mesure de la friction des revêtements de sol et, pour éviter cette situation, nous avons utilisé l'approche comparative de la friction que nous avons appliqué aux mesures obtenues par tirée horizontale.

Bien que la résistance au glissement soit le paramètre clef de cette étude, d'autres propriétés des revêtements de sol peuvent être altérées par l'entretien et nous avons considéré qu'il serait intéressant de les évaluer parallèlement à la friction. Ce sont le lustre et la concentration de surface des finis et des bouches pores acryliques.

Les chutes par glissades

Les chutes par glissades génèrent des statistiques accablantes chez les travailleurs de tous les pays industrialisés et ce depuis plusieurs décennies. Au Canada¹, la fréquence des *chutes au même niveau* (8.1%) en 1998 était la quatrième plus élevée après celle de *efforts excessifs* (24.4%), *réaction de l'organisme* (15.0%) et *être heurté par* (13.9%). Ces données peu enviables se comparent à celles des États-Unis² où on estime à près de 10% la totalité des accidents du travail dus aux chutes par glissades.

Toujours en 1998, 11.5% des accidents de travail avec perte de temps déclaré au Canada était attribuable aux *surfaces de travail*, devancé seulement par les *mouvements du corps* avec 17.4%. Au Québec³, de 1993 à 1998, les chutes par glissades étaient la cause 7570 accidents de travail par année avec une période d'arrêt de travail moyenne de 8.8 semaines.

Parmi les secteurs les plus à risque, mentionnons la restauration (524 lésions par année), les centres hospitaliers (394 lésions par année), l'administration publique (367 lésions par année), l'enseignement primaire et secondaire (333 lésions par année) et les centres d'accueil (253 lésions par année).

¹ Association des commissions des accidents du travail du Canada, Accidents du travail et maladies professionnelles, 1996-1998, p.28-41.

² Jonathan Bell, Occupational Health and Safety, December 1995, p. 40.

³ Analyses statistiques pour les périodes 1993-1995 et 1996-1998 préparées par Paul Massicotte et François Hébert, Organisation du travail, IRSST.

À l'exception de la restauration, les planchers des établissements des autres secteurs à risque sont surtout situés dans des corridors et des salles qui ne sont pas ou très peu exposés à la matière grasse. Par ailleurs, ces planchers sont souvent recouverts d'un fini acrylique ou d'un bouche pore et entretenus sur une base quotidienne. Le principal objectif de cette activité est d'évaluer l'impact de l'entretien quotidien sur l'intégrité de ces revêtements de sol et sur leur résistance au glissement.

Résistance au glissement et coefficient de friction

Les principaux paramètres physiques associés à la caractérisation de la résistance au glissement sont le coefficient de friction statique et le coefficient de friction dynamique. Beaucoup d'efforts ont été investis dans le développement de méthodes d'essai visant à caractériser et normaliser la résistance au glissement. Ces méthodes d'essai s'appuient sur des hypothèses de travail différentes de sorte que l'accent est mis tantôt sur la friction dynamique, tantôt sur la friction statique et tantôt sur la reproduction de la biomécanique de la marche avec le résultat que la valeur absolue du coefficient de friction d'un revêtement donné diffère significativement selon la méthode d'essai utilisée.

Chaque méthode d'essai a ses défenseurs et ses détracteurs qui alimentent le débat⁴ depuis déjà plusieurs années de sorte qu'il n'existe toujours pas de consensus international, ni même national dans plusieurs pays industrialisés, sur une méthode d'essai permettant de déterminer la résistance au glissement d'un revêtement de sol.

Une autre partie du débat porte sur les standards à utiliser pour représenter les matériaux des talons et des semelles de chaussures de même que les conditions dans lesquelles les tests doivent être effectués. Par exemple, sur des revêtements de sol neufs ou usés, secs ou contaminés par l'eau ou par un lubrifiant.

Récemment, il a été proposé de porter moins d'importance à la mesure de la friction pour s'intéresser aux facteurs environnementaux pouvant influencer sur le risque⁵. Nous sommes en accord avec cette philosophie et nous avons opté pour une approche où la méthode d'essai devient un outil permettant d'évaluer l'évolution de la friction suite à une intervention visant à augmenter la résistance au glissement.

⁴ Les articles de deux experts américains sont cités en exemple pour illustrer le débat sur les méthodes d'essai :

William English, *Professional Safety*, April 2000, p. 23-26;

Donald C. Meserlian, *Professional Safety*, November 1995, p. 24-29.

⁵ Sylvie Leclercq, *Journal of Safety Research*, 1999, vol 30, No 2, pp. 103-112.

Approche comparative de la friction

L'approche comparative de la friction prend pour acquis que la résistance au glissement d'un revêtement de sol doit être améliorée et elle sert à évaluer l'efficacité des moyens disponibles pour y arriver. Elle peut aussi être utilisée pour évaluer l'impact de différents facteurs environnementaux comme l'entretien, l'usure due à la circulation, l'encrassement des planchers, sur la résistance au glissement des planchers.

L'approche comparative utilise la variation de la friction de sorte que la valeur absolue des paramètres, et donc la méthode d'essai, devient accessoire. Nous avons choisi la tirée horizontale pour sa simplicité et pour la diversité de l'information qu'elle génère (coefficient de friction statique, coefficient de friction dynamique et rugosité des revêtements de sol).

L'utilisation de l'approche comparative nous permet d'évaluer comment l'entretien affecte la résistance au glissement de différentes combinaisons de revêtement de sol et de fini à plancher. Elle a aussi été utilisée pour évaluer l'impact de l'usure due à la circulation lors d'une étude terrain dans un centre hospitalier.

Friction intrinsèque par tirée horizontale

Dans cette étude, nous avons opté pour la méthode de la tirée horizontale puisqu'elle est simple et qu'elle a l'avantage de donner de l'information sur la friction statique, la friction dynamique et la rugosité des revêtements de sol. La méthode consiste à mesurer la force requise pour tirer un chariot monté sur des patins en contact avec le revêtement de sol. Le coefficient de friction est simplement la rapport entre la force de tirée horizontale et la force verticale due à la gravité. Comme il a été mentionné plus haut, la valeur absolue des coefficients de friction dépend de plusieurs facteurs dont le plus important est sans aucun doute le matériau utilisé pour la construction des patins.

Encore une fois, il y a plusieurs écoles de pensées et il y aura toujours des groupes qui émettront des doutes sur la validité des coefficients de friction obtenus avec un matériau ou un autre. Généralement, les valeurs du coefficient de friction dynamique sont mesurées soit avec un cuir standardisé ou avec le Neolite, un élastomère lui aussi standardisé. Ces deux matériaux sont considérés par plusieurs comme représentatifs des matériaux utilisés dans la construction des semelles et des talons des chaussures. Ils sont aussi décriés par d'autres à cause de leur sensibilité à la contamination par l'eau, par les matières grasses et par les autres saletés susceptibles d'être retrouvées sur le terrain.

L'objectif global de nos travaux est d'identifier des interventions qui permettent d'améliorer la résistance au glissement des revêtements de sol, et ce indépendamment du type de chaussure porté par les travailleurs. Pour cette raison, nous avons opté pour des patins d'acier inoxydables, un matériau dur qui permet de caractériser la friction intrinsèque des revêtements de sol. De plus, l'acier inoxydable résiste bien à l'usure et il est facile à nettoyer avec un solvant. Ces caractéristiques facilitent les comparaisons

entre les revêtements puisque les coefficients de friction peuvent être obtenus avec les mêmes patins.

Il est évident qu'en choisissant l'acier inoxydable nous n'essayons pas de reproduire la friction entre une semelle et un revêtement de sol. Notre choix vise au contraire à exclure nos données des débats entourant la normalisation de la résistance à la friction. À ceux qui questionnent nos résultats sur la base de notre choix de l'acier inoxydable, nous répondons que la mesure de la friction constitue un outil et que c'est l'usage que l'on fait de cet outil qui est important. Nos travaux démontrent clairement que l'utilisation d'un chariot monté sur des pointes d'acier inoxydable permet d'identifier les interventions qui améliorent la résistance au glissement et nous en sommes très satisfaits.

Objectifs de l'étude

Les objectifs spécifiques initialement prévus à l'étude ont été modifiés en cours de route pour tenir compte de la réalité des données expérimentales. Ces modifications ont été effectuées avec l'assentiment d'un comité aviseur composé d'intervenants des centres hospitaliers, de la CSST et de l'IRSST.

Mesure fiable du coefficient de friction

Nous avons développé une approche comparative de la friction qui utilise les valeurs relatives du coefficient de friction pour caractériser l'amélioration de la résistance au glissement. Cette approche est moins sensible au choix des matériaux et des techniques utilisées pour la mesure de la friction.

Comparaison des résultats terrain et laboratoire

Dès le début de l'étude, les résultats obtenus en laboratoire indiquaient que l'entretien normal des planchers avait peu d'impact sur les caractéristiques des finis et bouche pore. Nous avons présumé que l'impact de l'entretien sur le terrain serait similaire à celui observé en laboratoire.

Nous avons profité de l'opportunité d'une étude sur le terrain pour faire ressortir un paramètre qu'il est très difficile de reproduire en laboratoire : l'usure. En effet, nous avons brièvement abordé l'usure mécanique des revêtements en laboratoire mais il est clair que le simple ponçage ne peut reproduire des décennies de martelage, de décapage, de polissage, de brunissage, d'abrasion et d'exposition aux rayonnements UV et autres polluants aérien.

Conscient de cette différence, nous avons tenté, lors des mesures terrain de mettre en évidence l'impact de l'usure des revêtements de sol sur la résistance au glissement. Il nous a semblé naturel de profiter de cette opportunité unique, ce qui nous a amené à modifier notre objectif initial.

Impact de l'entretien sur la résistance au glissement

Cette partie de l'étude a été poursuivie en laboratoire telle que prévue initialement. En plus de la friction, on a aussi évalué l'impact sur le lustre et sur la concentration de surface de fini acrylique suite à l'entretien continu des revêtements.

Nettoyage de la paraffine

Nous sommes conscients que la section portant sur le nettoyage des planchers recouverts de paraffine constitue un sujet à part. Il a toutefois été identifié dès le départ comme un sujet de préoccupation dans le secteur hospitalier. Cette tâche s'est toutefois avérée plus complexe que prévue de sorte qu'il nous est impossible à ce stade-ci des travaux d'émettre des recommandations quant au nettoyage optimal des planchers recouverts de paraffine.

VARIABLES DE L'ÉTUDE

Cette étude expérimentale porte principalement sur l'entretien à la moppe et à la machine de revêtements de sol avec différents nettoyants à plancher. Les revêtements de sol sont recouverts ou non d'un bouche pore ou d'un fini acrylique et les nettoyants à plancher font partie des catégories que nous avons identifiées antérieurement.

Au début de cette étude, nous avons supposé que tous les finis d'une famille se comporteraient de la même façon. Il s'est avéré que deux finis d'une même famille pouvaient présenter des caractéristiques très différentes. Par conséquent, les résultats des tests présentés dans cette étude sont spécifiques aux finis et au bouche pore utilisés et ils ne peuvent, à priori, être généralisés aux catégories auxquelles appartiennent ces produits.

À notre avis, le fait de connaître la marque de commerce de ces produits n'apporte rien de plus aux conclusions découlant de cette étude. Nous avons donc choisi de conserver l'anonymat des produits, comme nous l'avons fait par le passé.

Revêtements de sol

L'étude se concentre sur les planchers peu susceptibles de recevoir de la matière grasse et qui sont entretenus sur une base quotidienne comme c'est le cas pour les corridors des hôpitaux, écoles et édifices publics. Les revêtements vinyliques sont courants dans les corridors et les salles et ils peuvent être recouverts ou non d'un bouche pore et/ou d'un fini acrylique. D'autres revêtements comme le grès et la céramique ont aussi été testés et leurs caractéristiques sont présentées **Tableau 1**.

Tableau 1 : Description des revêtements de sol de cette activité.

Revêtement de sol	Dimension d'origine (cm)	Dimension d'échantillon (cm)	Description
Tuile vinylique, V	30 x 30	7.6 x 7.6	Blanche, décapée selon les recommandations du fabricant, avec les côtés polis et scellés.
Grès, G	15 x 15	7.6 x 7.6	Grès rouge poreux de type terra cotta, sans texture ni glaçage.
Céramique, C	7 x 7	7 x 7	Biscuit de céramique peint en blanc et recouvert d'un glaçage. La surface est peu texturée.

Il arrive que la céramique soit traitée à l'acide fluorhydrique afin d'en augmenter la résistance au glissement. L'impact de l'entretien sur les caractéristiques de la céramique traitée a donc été évalué.

Finis et bouche pore acryliques

Les tuiles de vinyle ont été recouvertes d'un bouche pore ou d'un fini acrylique. Le grès a été recouvert d'un bouche pore. Les bouches pores et les finis acryliques sont des suspensions colloïdales de particules de polymères. Le type de polymère, la taille des particules et la concentration de polymère sont les trois principaux facteurs qui différencient les différents types de finis et de bouches pores.

Les bouches pores, BP, contiennent peu de polymère dont les particules sont relativement grosses. On y associe généralement un lustre peu élevé et une mauvaise résistance à l'usure. Ils sont recommandés comme couche de fond sur laquelle doit être appliqué un fini acrylique. Comme ils coûtent moins cher que les finis, ils sont souvent utilisés seuls et c'est cette situation qui est abordée dans l'étude.

L'application d'un fini se fait généralement sur un revêtement préalablement recouvert d'un bouche pore. Depuis quelques années, on voit apparaître des finis incorporant le bouche pore. Malgré un coût plus élevé, le bouche pore est fréquemment remplacé par une couche supplémentaire de fini afin de simplifier la procédure et réduire le nombre de produit à entreposer. C'est cette situation qui est reproduite dans cette étude, i.e. que les finis investigués sont appliqués directement sur le revêtement de sol sans l'application préalable d'un bouche pore.

Les finis acryliques ont une concentration de polymère plus élevée que les bouches pores et les particules sont plus petites que celles des bouches pores. On y associe un lustre plus élevé et une meilleure résistance à l'usure physique.

La nature chimique, la taille des particules et la concentration en polymère dans le fini sont adaptés à la méthode d'entretien auquel le fini est destiné, particulièrement lors du polissage et du brunissage. Ces opérations se font avec des polisseuses et des brunissoirs munis de tampons qui tournent à basse (vitesse < 300 rpm), haute (300 < vitesse < 1500) ou ultra-haute vitesse (>1500 rpm).

Nous avons choisi un fini destiné à un entretien à basse vitesse, BV, et recommandé par le fabricant de vinyle utilisé dans l'étude de même qu'un fini destiné à un entretien à ultra-haute vitesse, UHV.

Le **Tableau 2** résume quelques caractéristiques physico-chimiques des finis et du bouche pore utilisés.

Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques du bouche pore et des finis de cette activité.

Finis	Solides (% p/p)	Conc. Surface (mg/cm ²)	pH	σ_{ys} (mPa)	Viscosité, η (mPa*sec à 1 sec ⁻¹)
Eau	0	0	7	0	0.9
Bouche Pore, BP	14.0±0.1	1.1 ± 0.2	9.3	1	2.3
Basse Vitesse, BV	18.6±0.3	1.1 ± 0.1	9.0	0	5.9
Ultra-Haute Vitesse, UHV	27.2±0.6	1.6 ± 0.2	8.9	63	731

La viscosité des finis a été déterminée avec un appareil Brookfield selon le taux de cisaillement. Le bouche pore et le fini basse vitesse sont Newtonien, i.e. que la viscosité est indépendante du taux de cisaillement. La viscosité semble augmenter avec la fraction solide des suspensions acryliques. Le fini ultra-haute vitesse montre un comportement rhéofluidisant avec un yield stress autour de 63 mPa. La forte concentration en particules explique en partie la très haute viscosité de ce fini à un taux de cisaillement de 1 sec⁻¹.

Soulignons que la notion de vitesse est associée à l'appareillage utilisé pour le polissage et le brunissage des finis et que cette étude n'aborde pas ces étapes d'entretien. Dans cette étude, le bouche pore et les finis sont appliqués sur les échantillons à l'aide d'un pinceau et ils séchent à l'air libre. Ces échantillons ne sont ni polis ni brunis avant d'être soumis à la procédure d'entretien.

Nettoyants à plancher

Lors de travaux antérieurs, nous avons identifié 6 grandes catégories de nettoyant à plancher dont une brève description est présentée au **Tableau 3**. La concentration recommandée par les fabricants se situe autour de 0.15% de matière active pour les catégories **NA** et **NN** et autour de 0.4% en matière active pour les autres catégories.

L'entretien avec un **NA** et un **NN** a été comparé à l'entretien à l'eau. Quelques tests ont été effectués avec un **C** et un **DG**. Les caractéristiques spécifiques de ces nettoyants sont rapportées au **Tableau 4**.

Tableau 3 : Description sommaire des catégories de nettoyeurs à plancher (Selon QInc).

Catégorie	Description sommaire
1 Neutres anioniques (NA)	Le tensioactif dominant est anionique et ces nettoyeurs ne passent pas par un point trouble lorsqu'ils sont chauffés. Le pH à la concentration recommandée se situe entre 7 et 11.
2 Neutres non-ioniques (NN)	Le tensioactif dominant est non-ionique et ces nettoyeurs passent par un point trouble lorsqu'ils sont chauffés. Le pH à la concentration recommandée se situe entre 7 et 11.
3 Dégraisseurs anioniques (DA)	Le tensioactif dominant est anionique et il est combiné à au moins un éther de glycol. Ces nettoyeurs ne passent pas par un point trouble lorsqu'ils sont chauffés. Le pH à la concentration recommandée se situe entre 9 et 13.
4 Cationiques (C)	Le tensioactif cationique est seul ou combiné avec un tensioactif non-ionique. Ces nettoyeurs peuvent passer par un point trouble lorsqu'ils sont chauffés selon la teneur en non-ionique. Le pH à la concentration recommandée se situe entre 7 et 13 selon la quantité d'agent de pH.
5 Dégraisseurs à base de glycols (DG)	Ces nettoyeurs sont dominés par la présence en quantité appréciable d'au moins un éther de glycol. Ils peuvent aussi contenir un tensioactif non-ionique. Ils peuvent passer par un point trouble lorsqu'ils sont chauffés. Le pH à la concentration recommandée se situe entre 9 et 13.
6 Dégraisseurs à base de Limonène (DL)	Ces nettoyeurs sont caractérisés par le d-limonène combiné à un mélange de tensioactifs et d'éthers de glycol. Le pH à la concentration recommandée se situe entre 7 et 13 selon la quantité d'agent de pH.

Tableau 4 : Caractéristiques des nettoyeurs à plancher de cette activité.

	Tensioactif dominant	Glycol	PH (dilué)	Point trouble (dilué)
NA	Anionique	Non	9.8	Non
NN	Non-ionique	Non	9.4	43°C
C	Cationique + non-ionique	Non	10.8	65°C
DG	Non déclaré	Oui	12.3	Non (concentré = 63°C)

Nettoyage à la moppe

Lors d'une étude antérieure⁶, nous avons identifié deux méthodes d'entretien à la moppe susceptibles d'être utilisées par les travailleurs.

- Le **nettoyage humide** s'est avéré peu efficace pour déloger la matière grasse des revêtements de sol mais il est convenable pour l'entretien quotidien de planchers peu souillés. Ce type de nettoyage consiste à passer une moppe partiellement saturée de solution de lavage sur le plancher et à laisser sécher à l'aire libre sans autres interventions.
- Le **nettoyage par immersion** est plus approprié à l'entretien de surfaces souillées, par exemple les planchers des cuisines. La première étape consiste à appliquer la solution de lavage sur le plancher à l'aide d'une moppe saturée. On laisse agir la solution de lavage pendant quelques minutes afin de permettre aux ingrédients actifs du nettoyant de déloger la matière grasse. La deuxième étape consiste à récupérer la solution de lavage, et la saleté qu'elle a délogée, à l'aide d'une moppe bien essorée.

Typiquement, l'entretien des planchers peu souillés des corridors et des sales dans les centres hospitaliers, les écoles et les édifices publics se fait par nettoyage humide. Le **Tableau 5** résume les paramètres de base utilisés pour simuler le nettoyage humide en laboratoire.

Tableau 5 : Sommaire des paramètres associés au nettoyage humide.

Nettoyage humide à la moppe	
Masse de la moppe	120 g
Volume de solution de lavage dans la moppe	300 ml
Nombre de passage par nettoyage	4
Séchage entre chaque lavage (moppe et échantillons)	Non
Solution de lavage	
Changement de moppe	après 30 nettoyages
Température de la solution de lavage	Pièce (23°C)
Catégorie des nettoyants	Eau et neutres (NA et NN)
Concentration des nettoyants neutres	0.15% en matière active

⁶ A. Massicotte, S. Boudrias, F. Quirion, Conditions optimales d'utilisation des nettoyants à plancher : une approche globale, Octobre 2000, Rapport R-258 de l'IRSST.

Le montage expérimental est montré à la **Figure 1** et la procédure est décrite ci-dessous.

1. Installer deux à six échantillons de revêtements de sol préalablement caractérisés dans les endroits appropriés.
2. Imbiber les moppes sèches de la solution de lavage et les installer de par et d'autre du porte moppe.
3. Effectuer un nettoyage, soit quatre passages des moppes sur les échantillons.
4. Reprendre l'étape 3 pour cumuler un total de 30 nettoyages.
5. Enlever les moppes et reprendre à l'étape 2 jusqu'à ce que le nombre désiré de nettoyage consécutif soit atteint.
6. Enlever les échantillons et les laisser sécher pendant au moins 20 minutes avec un courant d'air.
7. Procéder à la caractérisation des échantillons.
8. Reprendre à l'étape 1 avec les mêmes échantillons jusqu'à ce que le nombre cumulatif total de nettoyage soit atteint.
9. Retirer les échantillons et procéder à leur caractérisation finale.

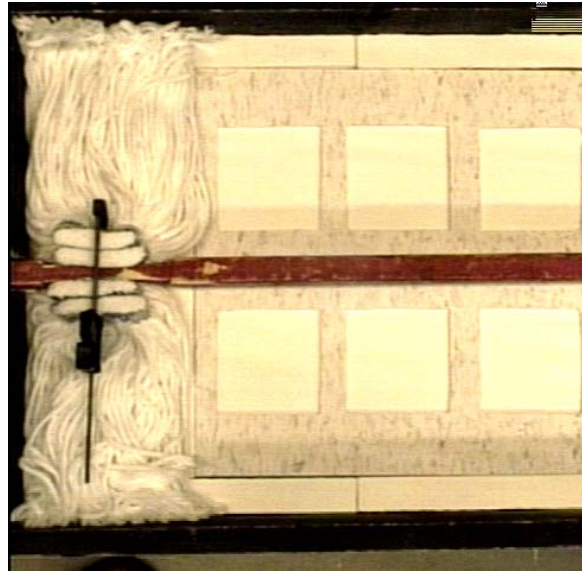


Figure 1 : Montage expérimental utilisé pour simuler le nettoyage des échantillons de revêtements.

Cette procédure permet de reproduire l'équivalent de 2 mois d'entretien quotidien à la moppe, soit 60 lavages, en une dizaine de minutes. Typiquement, les étapes de caractérisation, outre l'état initial, étaient après 2, 4 et 6 mois d'entretien.

Cette procédure a l'avantage de simuler rapidement plusieurs lavage mais nous ne prétendons pas qu'elle est entièrement représentative de la réalité terrain. Par exemple, notre procédure ne laisse pas sécher les échantillons et elle ne les soumet pas à l'usure physique due à la circulation comme c'est le cas entre chaque lavage quotidien d'un vrai plancher.

Nettoyage à la machine

Le nettoyage à la machine se fait généralement avec une auto-récurveuse qui asperge le plancher d'une solution de lavage, le récurve avec un tampon (typiquement vert ou rouge) qui tourne à une vitesse constante (typiquement 175 ou 300 rpm) et récupère la solution de lavage souillée par raclage et aspiration. Le **Tableau 6** résume les paramètres utilisés pour l'entretien des planchers à la machine.

Tableau 6 : Sommaire des paramètres associés au nettoyage à la machine.

Nettoyage à la machine	
Vitesse de rotation du tampon	175 rpm
Diamètre du tampon	43 cm
Couleur du tampon	Rouge
Vitesse de déplacement de la récurveuse	1 m/sec
Pression du tampon sur le plancher	0.3 psi
Nombre de passage par nettoyage	1

La **Figure 2** montre le montage expérimental que nous avons utilisé et la procédure est décrite ci-dessous.

1. Placer de deux à huit échantillons sur le montage.
2. Installer le tampon adéquat sur la machine et le saturer de la solution de lavage.
3. Asperger la surface à laver afin qu'elle soit entièrement mouillée de la solution de lavage.
4. Démarrer et déplacer la machine jusqu'à l'autre extrémité du montage à une vitesse d'environ 1 m/sec et revenir au point de départ à la même vitesse. Cette séquence simule deux nettoyages.
5. Ajouter de la solution de lavage au besoin et répéter l'étape 4 jusqu'à ce que le nombre cumulatif de nettoyage soit de 180.
6. Arrêter la machine, enlever et rincer les échantillons à l'eau claire et les laisser sécher au moins 18 heures.
7. Procéder à la caractérisation.

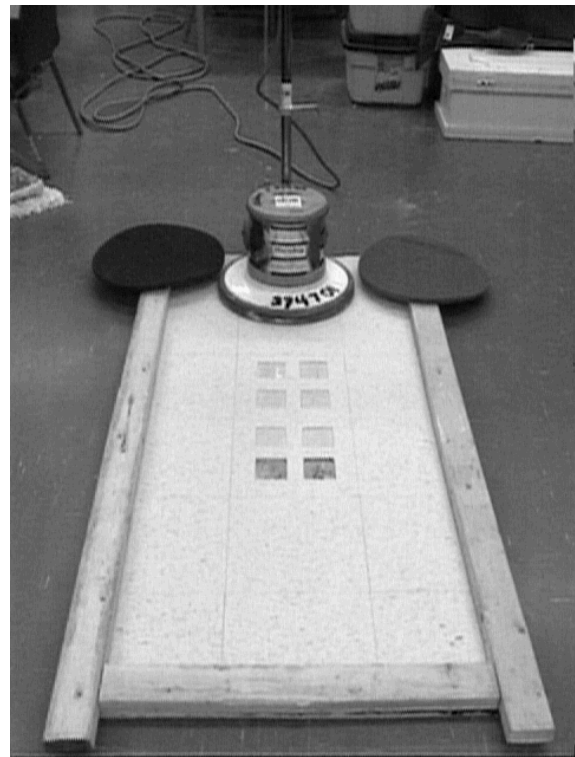


Figure 2 : Montage expérimental pour simuler l'entretien à la machine (175 rpm, tampon rouge).

MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Cette section résume brièvement les méthodes utilisées pour caractériser les revêtements en terme de : concentration de fini ou de bouche pore ; lustre ; friction et mouillabilité par l'eau. Dans la philosophie de l'approche comparative, l'accent est mis sur l'impact de l'entretien sur ces paramètres. L'impact rapporté dans les tableaux de ce rapport est la moyenne des impacts mesurés sur deux échantillons indépendants ayant subit le même entretien.

Concentration de surface

La concentration de surface du fini, c , est exprimée en mg/cm^2 selon la masse sèche de fini appliquée, m , et l'aire de l'échantillon, A . La masse est déterminée à l'aide d'une balance analytique précise à $\pm 0.1\text{mg}$. L'usure due à l'entretien correspond à la différence entre la concentration après et avant l'entretien et elle est exprimée en % de la concentration initiale, c_i .

$$c = m_{\text{fini}} / A$$
$$\Delta c = 100 \cdot (c_f - c_i) / c_i$$

Une valeur négative indique une perte de fini ou de bouche pore suite à l'intervention. La principale source d'incertitude sur Δc découle de la stabilité de la masse d'un échantillon pendant la période de temps qui s'écoule entre la pesée initiale et la pesée finale de cet échantillon.

En laboratoire, la masse d'un échantillon de vinyle est demeurée stable à 38.0813 ± 0.0004 g sur une période d'un mois. Comme l'évaluation de la perte de masse se fait sur une période d'au plus 4 jours, on peut considérer qu'une variation supérieure à ± 0.0008 g est significative. La majorité des échantillons ont une aire autour de 56 cm^2 de sorte que la perte de fini ou de bouche pore devra être supérieure à $\pm 0.014 \text{ mg}/\text{cm}^2$ pour être significative.

Lustre

Le lustre des échantillons, L , est calculé à partir de l'intensité de la lumière réfléchiée par l'échantillon, I , et normalisée par l'intensité de la lumière réfléchiée par une référence. Le faisceau de lumière d'une diode électroluminescente est dirigé sur l'échantillon avec un angle de 45° et un diamètre d'impact de l'ordre de 1 cm. La lumière réfléchiée à 45° est détectée à l'aide d'une résistance photoconductrice dont la résistance est inversement proportionnelle à la quantité de lumière détectée. Le parcours optique entre la source et l'échantillon et entre l'échantillon et le détecteur est de l'ordre de 5 cm dans les deux cas.

Typiquement, la réflectivité d'un échantillon est mesurée sur quatre zones situées 1.5 cm à l'est, à l'ouest, au nord et au sud de la zone centrale.

Les références de vinyle et de céramique sont recouvertes d'une épaisse couche de bouche pore acrylique très résistant alors que le grès est recouvert d'une épaisse couche de bouche pore uréthane pour le grès. Ces références sont très lustrées et on fixe leur réflectivité à 100% correspondant à une intensité de R_{100} .

La réflectivité moyenne de l'échantillon, $\langle R \rangle$, est utilisée pour évaluer le lustre, L , selon :

$$L = 100 \cdot \langle R \rangle / R_{100}$$

Dans cette étude, le lustre est défini sans unité. La variation du lustre suite à une intervention est simplement la différence entre le lustre avant, L_i , et après, L_f , l'intervention. Une valeur négative indique une perte de lustre.

$$\Delta L = 100 \cdot (L_f - L_i) / L_i$$

L'incertitude sur la variation de lustre d'un échantillon peut provenir de la stabilité de la mesure du lustre dans le temps ou de l'écart type sur la moyenne des quatre zones de l'échantillon. En laboratoire, la stabilité du lustre s'est avérée meilleure que ± 0.5 sur une période de plusieurs mois alors que l'incertitude sur la moyenne est typiquement de ± 1 . C'est donc cette incertitude qui dominera l'incertitude sur la perte de lustre qui devra être supérieure à $\pm 2\%$ du lustre initial pour être significative.

Mouillabilité par l'eau

Le nettoyage répété d'un revêtement de sol peut altérer la structure physique de la surface et laisser des résidus qui changent la composition chimique de la surface. Dans les deux cas, ces changements sont susceptibles de modifier l'interaction de l'eau avec la surface, se traduisant par une variation de la mouillabilité.

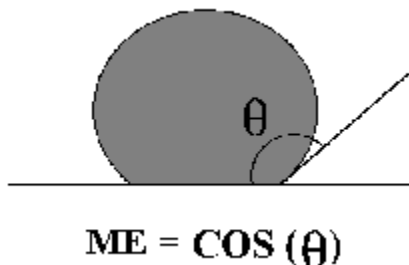


Figure 3 : Illustration de l'angle de contact d'une goutte de liquide sur une surface qu'elle ne mouille pas.

La mouillabilité d'une surface par l'eau devient donc un outil potentiellement intéressant pour identifier la présence de résidus à la surface d'un revêtement.

Elle est définie comme le cosinus de l'angle de contact de ce liquide en équilibre sur la surface, θ , tel qu'illustré à la **Figure 3**. Ainsi, la mouillabilité par l'eau est $ME = \text{Cos}(\theta)$.

Une valeur de $ME = -1$ signifie que l'eau ne mouille pas la surface (situation plutôt rare) alors qu'une valeur de $ME = +1$ signifie que l'eau s'étale complètement sur la surface pour former un film.

Lorsqu'une surface est à la fois mouillante et poreuse, l'eau peut y pénétrer. Cette situation correspond à un étalement d'où $ME = +1$.

Le pourcentage de variation de la mouillabilité relative à l'état initial devient

$$\Delta ME = 100 \cdot (ME_{\text{final}} - ME_{\text{initial}}) / ME_{\text{initial}}$$

Expérimentalement, on dépose une goutte d'eau de 10 à 15 microlitres sur l'échantillon. Après un temps d'équilibre de 10 secondes, l'image de la goutte est digitalisée à l'aide d'une caméra vidéo et d'une carte d'acquisition d'image. Pour chaque échantillon, l'angle de contact est déterminé à gauche et à droite et ce pour quatre gouttes différentes à l'aide du logiciel Acquidam 2.2 (Dr François Schiettekatte). La moyenne des huit angles de contact est utilisée pour le calcul de la mouillabilité par l'eau d'un échantillon.

Coefficient de friction et indice de rugosité

Nous avons opté pour la méthode de la tirée horizontale qui permet d'obtenir une bonne précision et une bonne reproductibilité des mesures dans le temps. Cette méthode consiste à appliquer une force horizontale sur un objet afin qu'il se déplace sur une surface donnée. Le coefficient de friction, μ , est simplement le rapport entre la force horizontale, F_H , et le poids de l'objet (force verticale), F_V . La force horizontale variera selon que la friction de l'objet avec la surface est plus ou moins élevée.

$$\mu = F_H / F_V$$

Dans la version laboratoire, un plateau sur roulement à bille est attaché par une corde souple à un moteur électrique. À l'autre bout du montage, un chariot est attaché par une corde souple à une sonde de force fixe. Le chariot de 126 g est monté sur trois pointes d'acier inoxydable ayant un diamètre de contact de 2 mm avec l'échantillon. La **Figure 4** illustre la disposition du montage expérimental lors des mesures en laboratoire.

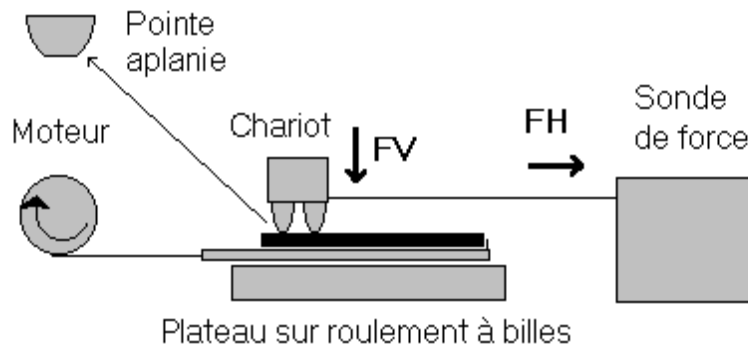


Figure 4 : Illustration du montage expérimental utilisé pour déterminer les paramètres de friction par tirée horizontale. L'échantillon est en noir.

La mesure consiste à lancer le logiciel d'acquisition, placer l'échantillon sur le plateau, déposer le chariot sur l'échantillon et activer le moteur électrique. L'échantillon se déplace à une vitesse type de 2.5 cm par seconde et une fois que le chariot arrive au bout de l'échantillon, l'acquisition est arrêtée. Les paramètres de la friction sont calculés à partir des données du coefficient de friction en fonction du temps.

Dans la procédure terrain, c'est le chariot qui est tiré et non le plancher. Le chariot est toujours attaché à la sonde de force et celle-ci est déplacée manuellement à une vitesse entre 2 et 3 cm/sec.

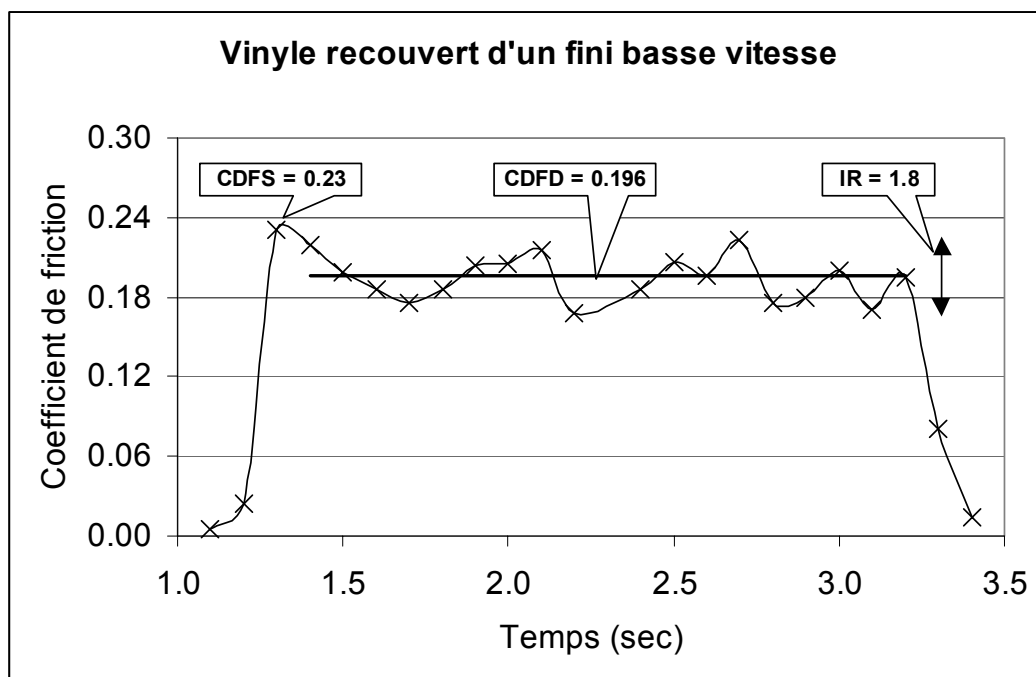


Figure 5 : Exemple de l'évolution du coefficient de friction lors d'une détermination par tirée horizontale sur une tuile de vinyle de 7.5 cm recouverte de fini basse vitesse. Le coefficient de friction statique, μ_s , le coefficient de friction dynamique, μ_k , et l'indice de rugosité, IR , sont montrés.

Un exemple type de l'évolution du coefficient de friction pendant une mesure est montré à la **Figure 5**.

Trois paramètres peuvent être extraits de ces données :

- ❑ Coefficient de friction statique, μ_s , correspondant au rapport entre la force nécessaire pour initier le mouvement et le poids du chariot.
- ❑ Coefficient de friction dynamique, μ_k , correspondant au rapport entre la force moyenne nécessaire pour maintenir le chariot à vitesse constante et le poids du chariot.
- ❑ Indice de rugosité, IR , correspondant aux fluctuations (écart type) du coefficient de friction dynamique lors du déplacement du chariot sur la surface multiplié par cent.

Lors de la caractérisation en laboratoire, l'échantillon est tourné de 90° entre chaque essai, générant 4 séries de μ_s , μ_k et IR dont la moyenne et l'écart type sont calculés.

L'approche comparative consiste à obtenir les paramètres de la friction avant et après l'intervention et d'évaluer la variation des paramètres en pourcentage de la valeur initiale.

$$\Delta \mu = 100 \cdot (\mu_{\text{final}} - \mu_{\text{initial}}) / \mu_{\text{initial}}$$

$$\Delta IR = 100 \cdot (IR_{\text{final}} - IR_{\text{initial}}) / IR_{\text{initial}}$$

La valeur est positive lorsque l'intervention fait augmenter le paramètre et négative lorsqu'elle le fait diminuer.

Quelques échantillons de revêtements de sol ont été analysés avec les versions terrain et laboratoire de la friction horizontale utilisant le même chariot. Le μ_k et l'indice de rugosité sont comparés à la **Figure 6** où on constate que les deux séries de résultats sont en très bon accord en deçà de l'incertitude expérimentale.

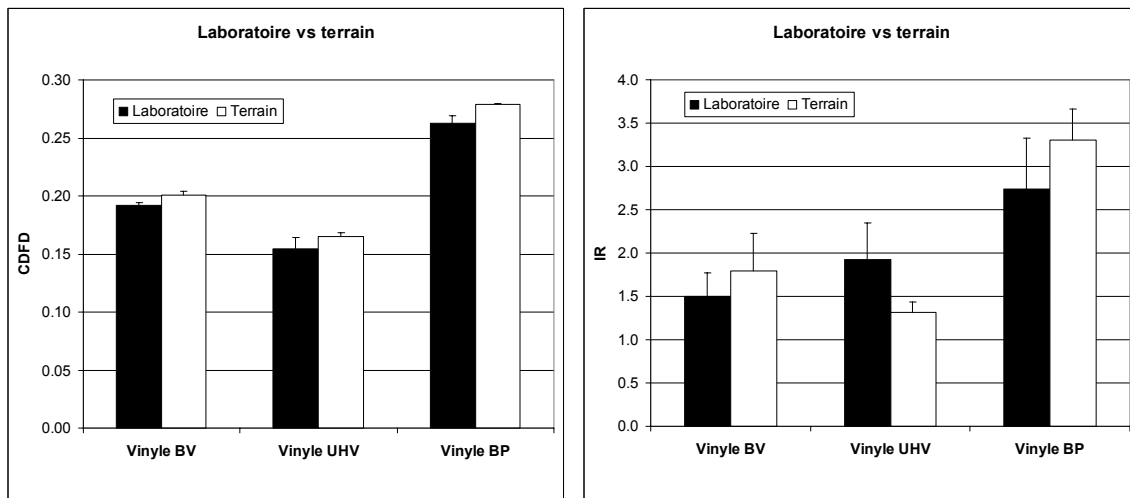
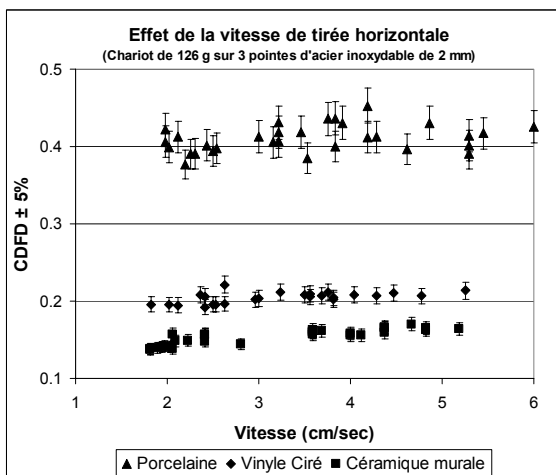


Figure 6 : Comparaison de la friction dynamique, μ_k , et de l'indice de rugosité, IR, de revêtements obtenus avec la procédure laboratoire (gauche) et la procédure terrain (droite).



Dans la procédure laboratoire, la vitesse de tirée est constante. Par contre, elle peut varier lors des mesures sur le terrain puisque le chariot est tiré manuellement. La **Figure 7** montre qu'entre 2 et 5 cm/sec, la vitesse de tirée du chariot affecte peu le μ_k obtenu sur une céramique murale, un vinyle fini et une porcelaine.

Figure 7 : Effet de la vitesse de déplacement du chariot sur la friction dynamique, μ_k , de la porcelaine (haut), du vinyle ciré (milieu) et d'une céramique murale (bas).

L'écart type de la moyenne de 4 ou 5 essais sur une même surface est rapporté au **Tableau 7** pour chacun des trois paramètres de la friction obtenus par la tirée horizontale.

Tableau 7 : Incertitude expérimentale des paramètres de friction par tirée horizontale.

Incertitude expérimentale ¹	μ_s	μ_k	IR
Valeur absolue	±12%	±4%	±15%
Approche comparative	±24%	±8%	±30%

¹Ces incertitudes expérimentales correspondent à la valeur moyenne des écarts types de 4 ou 5 déterminations obtenus pour les centaines d'échantillons de cette étude.

Le μ_k d'un essai est la moyenne de 15 à 90 données consécutives qui oscillent autour de la valeur moyenne. Chaque essai génère une valeur qui se rapproche du vrai μ_k de sorte que l'incertitude sur la moyenne des essais est basse, typiquement de 2 à 6 %.

L'indice de rugosité, **IR**, est l'écart type associé à une détermination du μ_k et il représente l'amplitude des oscillations du coefficient de friction pendant la mesure. Ces fluctuations ont plusieurs origines dont la plus importante est l'accrochage des pointes du chariot sur les rugosités du revêtement testé. La rugosité peut varier sensiblement d'une zone à l'autre d'un même échantillon de sorte que l'incertitude sur **IR** est relativement élevée, typiquement de 4 à 26 %.

Le μ_s est attribué à une valeur unique correspondant à la friction maximale au cours de la première seconde après l'application de la force sur le chariot. En réalité, la friction maximale correspond à un événement de très courte durée et il est possible que cet événement se produise entre deux acquisitions du montage utilisé. En effet, le taux d'échantillonnage RS-232 de la jauge de force est de 10 Hz et il est probable que les données mesurées correspondent à une friction avant ou après la valeur maximale.

Ceci pourrait expliquer l'incertitude plus élevée pour le μ_s , typiquement entre 7 et 17 %. Dans un premier temps, nous avons compilés et analysés les valeurs de la friction statique et il s'est avéré que le coefficient de statique est en effet plus élevé que le coefficient de friction dynamique. De plus, les conclusions découlant de l'interprétation des valeurs de μ_s sont les mêmes que celles découlant de l'interprétation des valeurs de μ_k . Comme ces valeurs n'apportent rien de plus à nos conclusions, nous les avons laissées de côtés afin d'alléger le rapport.

Il nous aurait été possible d'utiliser un montage avec une acquisition plus rapide mais, en plus de coûter beaucoup plus cher, cet appareillage plus performant aurait été difficile à utiliser sur le terrain.

VALIDATION DE L'APPROCHE COMPARATIVE DE LA FRICTION

Nous savons par expérience que la valeur absolue des paramètres de friction est tributaire de plusieurs facteurs dont le plus important est sans doute le type de matériau en contact avec l'échantillon. Un des intérêts de l'approche comparative de la friction est qu'elle évalue la variation relative de la friction et, qu'en principe, elle ne devrait pas dépendre de sa valeur absolue.

Cette hypothèse suggère que la mesure de la friction avant et après une intervention devrait conduire à une variation relative du même ordre indépendamment de la méthode d'essai ou des matériaux utilisés pour représenter les chaussures, dans la mesure où la mesure avant et après l'intervention ont été obtenues avec la même procédure.

Cette section cherche à évaluer la validité de cette hypothèse, du moins en ce qui a trait au choix du matériau pour représenter les semelles et les talons des chaussures. Le **Tableau 8** décrit quatre chariots utilisés pour mesurer le coefficient de friction d'un revêtement de vinyle avant et après l'application d'un fini acrylique basse vitesse.

Tableau 8 : Caractéristiques des chariots testés pour la friction par tirée horizontale.

Chariot	Masse (g)	Matériau de patin	# de patin	Aire de contact par patin
SS 126	125.7	Acier Inoxydable	3	Pointe aplanie de 2 mm
SS 38	38.2	Acier Inoxydable	3	Diamètre de 1 mm
EL 238	237.5	Élastomère EPDM	1	4.5 x 4.0 cm ²
NEO 131	130.7	Neolite (standard ASTM)	1	2.5 x 2.5 cm ²

Les quatre chariots diffèrent par leur masse, le matériau utilisé pour construire les patins et par la forme et le nombre de patins. On peut se demander si ces différentes configurations de chariot vont affecter les valeurs des paramètres de friction.

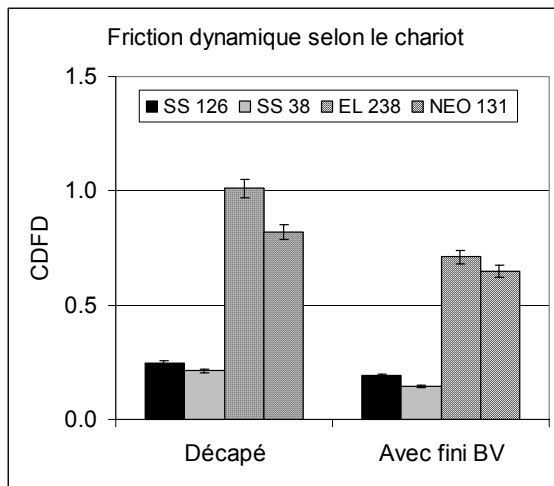


Figure 8 : Comparaison de la friction dynamique, μ_k , selon le type de chariot utilisé avec la méthode de la tirée horizontale. Les barres d'erreur correspondent à l'écart type sur 4 à 5 mesures consécutives sur un échantillon.

Si on cherche à évaluer le coefficient de friction, alors on trouve des valeurs absolues très variables d'un chariot à l'autre. Ceci est montré à la **Figure 8**.

Les résultats suggèrent que les changements dans la configuration du chariot peuvent avoir des effets drastiques sur la valeur absolue des paramètres de friction. Par exemple, les μ_k avec les deux chariots montés sur trois pointes d'acier inoxydable sont comparables entre eux et il en est de même pour les valeurs obtenues avec les deux élastomères.

La déformation des élastomères contribue significativement à la friction entre le chariot et l'échantillon de sorte que les valeurs de μ_k qu'ils génèrent sont de 3 à 4 fois supérieures à

ceux obtenus avec l'acier inoxydable. Dans le cas des pointes d'acier inoxydable, la déformation provient seulement de l'échantillon de sorte que l'indice de rugosité reflète la rugosité intrinsèque au revêtement.

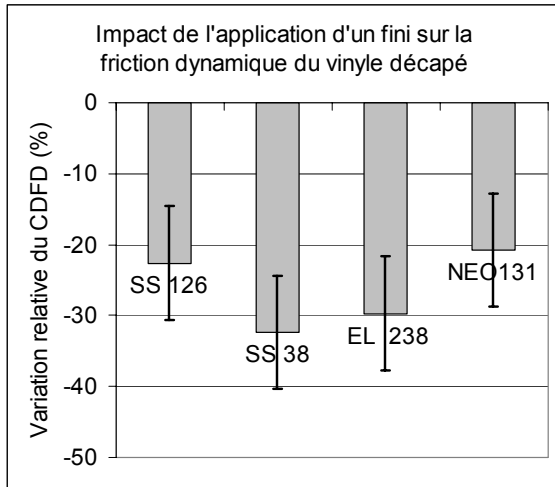


Figure 9 : Impact de l'application d'un fini basse vitesse sur la friction dynamique, μ_k , du vinyle décapé selon le type de chariot utilisé.

Dans l'approche comparative, nous cherchons à évaluer l'impact de l'intervention sur la friction, dans le cas présent, l'impact de l'application du fini acrylique. On combine les valeurs pour évaluer la variation relative de la friction et ces valeurs sont rapportées à la **Figure 9**.

L'approche comparative montre que l'application du fini réduit la friction dynamique de 20 à 30 % selon le chariot. Cet effet est significatif et les quatre résultats sont en accord en deçà de l'incertitude expérimentale de l'ordre de $\pm 7\%$. Ces impacts sont en très bon accord et ce malgré le fait que les valeurs absolues générées par les quatre chariots étaient résolument différentes.

L'utilisation de l'approche comparative permet donc d'évaluer l'impact d'une intervention sans avoir à débattre des valeurs absolues. Le choix de la méthode d'essai demeure à la discrétion de l'utilisateur. Chez QInc, nous avons opté pour la tirée horizontale d'un chariot de 126 g monté sur trois pointes d'acier inoxydable (SS126).

Scientifiquement, le choix de l'acier inoxydable élimine la contribution des chaussures à la friction ce qui permet d'évaluer la friction intrinsèque des revêtements de sol, qui correspond à la friction sur laquelle nous désirons nous concentrer.

Le choix de l'acier inoxydable plutôt que d'un élastomère est basé sur la facilité d'entretien et la faible usure de l'acier inoxydable. On peut donc utiliser les mêmes patins pour plusieurs déterminations, facilitant la comparaison entre les données. Par exemple, les milliers de déterminations rapportées dans ce document ont été obtenues avec le même chariot monté sur les mêmes trois pointes d'acier inoxydable, autant pour les mesures en laboratoire que pour les mesures sur le terrain.

CARACTÉRISTIQUES DES REVÊTEMENTS

L'impact de l'entretien a été réalisé sur plusieurs combinaisons de revêtements de sol, de finis et de bouche pore. Les caractéristiques initiales de ces revêtements sont détaillées au **Tableau 9**. Ces données sont la moyenne de plusieurs déterminations obtenues tout au long du projet sur des échantillons indépendants. L'écart type sur la moyenne est aussi rapporté à titre d'indicateur de la reproductibilité. Rappelons que ces caractéristiques sont spécifiques aux produits utilisés et non aux catégories de produits auxquelles ils appartiennent.

Tableau 9 : Propriétés initiales des revêtements testés dans cette activité.

Matériau	Finis	Nombre d'échantillons testés	C (mg/cm ²)	L	μ _k	IR	ME
Vinyle	Aucun	20	---	72 ±1	0.219 ±0.022	1.55 ±0.25	0.27 ±0.07
Vinyle	BP	21	1.12 ±0.25	99 ±2	0.322 ±0.042	3.28 ±0.95	0.87 ±0.12
Vinyle	BP Usé	4	1.07 ±0.04	65 ±1	0.312 ±0.009	2.25 ±0.27	0.92 ±0.13
Vinyle	BV	41	1.06 ±0.13	101 ±2	0.223 ±0.021	1.42 ±0.27	0.51 ±0.09
Vinyle	BV Usé	6	0.63 ±0.04	73 ±1	0.215 ±0.015	1.11 ±0.17	0.61 ±0.20
Vinyle	UHV	20	1.58 ±0.18	100 ±1	0.214 ±0.016	1.43 ±0.32	0.72 ±0.04
Vinyle	UHV Usé	4	1.23 ±0.13	70 ±2	0.204 ±0.012	0.89 ±0.16	0.52 ±0.04
Grès	Aucun	4	---	52 ±1	0.483 ±0.034	4.60 ±0.35	0.58 ±0.24
Grès	BP	14	3.23 ±0.18	90 ±3	0.35 ±0.05	3.39 ±0.65	---
Grès	BV	4	3.82 ±0.15	97 ±1	0.230 ±0.022	1.88 ±0.38	---
Céramique	Aucun	5	---	88 ±1	0.429 ±0.029	5.16 ±0.63	0.35 ±0.10
Céramique	HF	5	---	62 ±1	0.436 ±0.056	4.62 ±0.44	1.00
Céramique R-258	Aucun	---	---	84 ±1	0.426 ±0.026	5.5	0.22
Céramique R-258	HF	---	---	54	0.561 ±0.008	5.6	1.00

Impact de l'application d'un bouche pore ou d'un fini

L'approche comparative est utilisée pour évaluer l'impact de l'application d'un bouche pore ou d'un fini acrylique sur la friction du vinyle décapé et du grès neuf.

Tableau 10 : Impact de l'application d'un bouche pore ou d'un fini sur les caractéristiques du vinyle et du grès.

Vinyle +	BP	BV	UHV
ΔL (%)	+38	+40	+39
$\Delta \mu_k$ (%)	+47	+2	-2
ΔIR (%)	+112	-8	-8
Grès +	BP	BV	
ΔL (%)	+73	+86	
$\Delta \mu_k$ (%)	-28	-52	
ΔIR (%)	-26	-60	

- L'application du bouche pore acrylique augmente le lustre tout en augmentant significativement la friction dynamique et l'indice de rugosité du vinyle décapé.
- L'application d'un fini acrylique basse vitesse ou ultra-haute vitesse augmente le lustre du vinyle décapé sans affecter significativement la friction dynamique.
- L'application d'un bouche pore acrylique sur le grès neuf augmente le lustre et réduit significativement la friction dynamique et la rugosité à des valeurs caractéristiques au bouche pore.
- L'application d'un fini basse vitesse directement sur le grès neuf augmente le lustre et réduit la friction et l'indice de rugosité à des valeurs caractéristiques au fini basse vitesse.

L'approche comparative suggère que l'application du bouche pore augmente le lustre et la résistance au glissement du vinyle décapé.

L'application du bouche pore ou du fini basse vitesse réduit la résistance au glissement du grès neuf.

Impact de l'usure physique du vinyle fini

Dans cette section, l'approche comparative est utilisée pour évaluer l'impact de l'usure physique sur le lustre et les paramètres de friction du bouche pore et des finis acryliques. L'usure physique a été simulée en laboratoire en enlevant de 20 à 30 % du bouche pore ou des finis par ponçage avec un papier à sabler de grade 600.

Tableau 11 : Impact de l'usure physique sur les caractéristiques du bouche pore et des finis.

Vinyle + Fini + Usure	BP	BV	UHV
ΔL (%)	-34	-28	-30
$\Delta \mu_k$ (%)	-3	-4	-5
ΔIR (%)	-31	-22	-38

- ❑ L'usure physique rend les surfaces plus mates, comme l'indique la perte de lustre, et plus lisses comme l'indique la chute de l'indice de rugosité.
- ❑ La friction dynamique du bouche pore et des finis acryliques est très peu affectée par l'usure physique.

L'usure physique affecte peu la résistance au glissement du bouche pore alors qu'elle réduit celle du fini basse vitesse et du fini ultra-haute vitesse.

Impact du traitement à l'acide fluorhydrique de la céramique glacée

Le traitement à l'acide fluorhydrique est souvent effectué sur la céramique dans le but d'en augmenter la résistance au glissement. Il existe plusieurs produits et les résultats obtenus dans cette activité ne représentent que l'un d'entre eux.

Tableau 12 : Impact du traitement à l'acide fluorhydrique sur les caractéristiques de la céramique.

Céramique	HF	HF (R-258)
Δc (mg/cm ²)	-1.3	-2.4
ΔL	-26	-30
$\Delta \mu_k$ (%)	+2	+32
ΔIR (%)	-10	+2

- ❑ Le traitement à l'acide fluorhydrique de la céramique glacée dissout une partie importante du glaçage et rend les surfaces plus mates. Dans cette étude, les surfaces recouvertes de l'acide ont été frottées légèrement avec une brosse à poils durs avec le résultat que l'indice de rugosité diminue et la friction dynamique demeure inchangée.
- ❑ Lors d'une étude antérieure (R-258), un traitement plus long (30 minutes au lieu de 20) sans brossage des mêmes tuiles de céramique avait conduit à une augmentation significative de la friction dynamique avec une perte de masse deux fois plus grande. Il semble que les résultats du traitement dépendent beaucoup de la procédure d'application.

L'impact du traitement de la céramique avec le HF semble tributaire de la méthode d'application.

ÉVOLUTION DES CARACTÉRISTIQUES AVEC L'ENTRETIEN

Les résultats pour la perte de fini, la perte de lustre, le coefficient de friction dynamique et la mouillabilité par l'eau sont montrés aux **Figures 10 à 13** pour l'entretien à l'eau et avec quatre catégories de nettoyeurs à plancher.

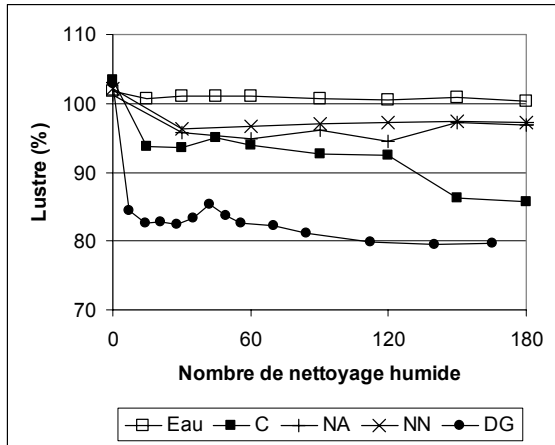


Figure 10 : Évolution du lustre d'un vinyle recouvert de fini basse vitesse avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyeur à plancher.

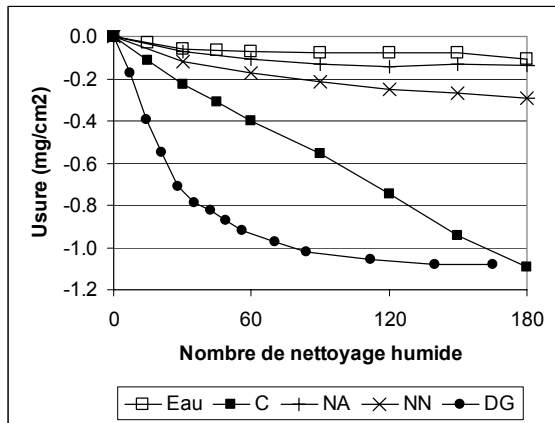


Figure 11 : Évolution de la concentration en fini basse vitesse, usure, avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyeur à plancher.

Lustre

La perte de lustre est le premier indice apparent de l'impact de l'entretien sur un plancher. La **Figure 10** montre que l'eau, le **NA** et le **NN** ont peu d'impact sur le lustre et que l'effet le plus prononcé se produit dès les premières semaines d'entretien. L'impact du **C** et du **DG** se fait aussi sentir dès les premiers lavages sauf que les pertes de lustre sont beaucoup plus importantes.

Concentration du fini

La **Figure 11** montre la perte de fini des échantillons de vinyle recouverts en moyenne de 1.1 mg/cm² de fini basse vitesse.

L'utilisation d'un nettoyeur accélère l'usure chimique par rapport au nettoyage à l'eau et cet effet est d'autant plus marqué que le nettoyeur est agressif : **DG** (pH=12.3) > **C** (pH=10.8) > **NN** (pH=9.4) ~ **NA** (pH=9.8).

Cette observation confirme que les nettoyeurs à base de glycol et/ou très alcalins ne sont pas recommandables pour un entretien quotidien de revêtements recouverts de fini acrylique.

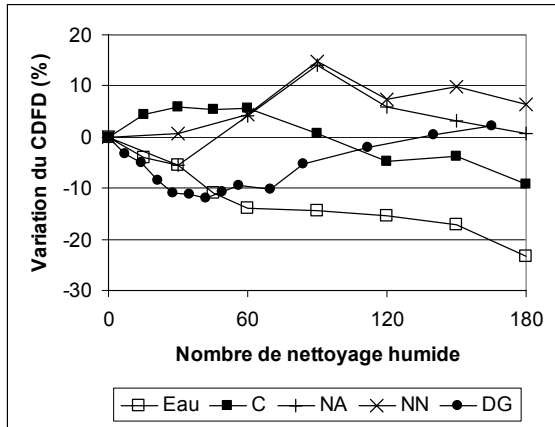


Figure 12 : Évolution de la variation de la friction dynamique, μ_k , d'un vinyle recouvert de fini basse vitesse avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyant à plancher.

Friction

La friction dynamique du vinyle recouvert du fini basse vitesse est très près de celle du vinyle décapé de sorte qu'on ne devrait pas s'attendre à de grandes variations du μ_k dues à la perte de fini lors de l'entretien.

Curieusement, l'effet le plus marqué correspond à l'entretien à l'eau. Comme l'indique la **Figure 12**, l'entretien en absence de nettoyant abaisse la friction dynamique de près de 20% alors qu'elle est peu affectée lorsqu'un nettoyant est utilisé.

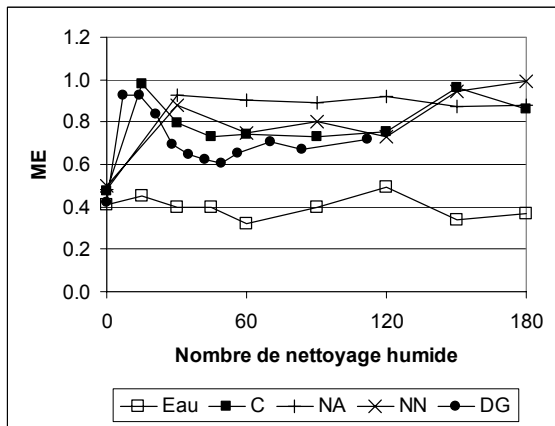


Figure 13 : Évolution de la mouillabilité par l'eau, ME, d'un vinyle recouvert de fini basse vitesse avec le nombre de nettoyage selon la catégorie de nettoyant à plancher.

Mouillabilité par l'eau

La **Figure 13** montre que la mouillabilité du fini basse vitesse par l'eau augmente rapidement avec l'entretien à base de solutions de nettoyants à plancher.

Rappelons que le nettoyage humide laisse un film de solution de lavage qui sèche sur le plancher laissant des tensioactifs et des sels qui peuvent favoriser la mouillabilité.

Le faible changement de mouillabilité lors de l'entretien à l'eau confirme l'hypothèse des résidus de lavage laissés par les nettoyants lors du nettoyage humide.

La faible différence de mouillabilité selon le type de nettoyant et l'incertitude élevée qui y est associée nous ont amené à cesser l'évaluation systématique de ce paramètre.

Les fabricants de finis à plancher ne recommandent pas l'utilisation de nettoyants fortement alcalins comme c'est le cas pour le **DG** et le **C** utilisés dans cette étude. On note en effet que ce type de nettoyant est très agressif pour les finis acryliques, allant même jusqu'à un effet décapant. L'étude systématique présentée dans les sections suivantes se concentre donc sur les nettoyants neutres de type **NA** et **NN**.

Dans la plupart des cas, les échantillons ont été caractérisés après l'équivalent de 2, 4 et 6 mois d'entretien quotidien. L'évolution des paramètres est toutefois monotone, en particulier pour l'entretien avec l'eau, le **NA** et le **NN** et seulement les résultats après l'équivalent de six mois d'entretien sont présentés dans ce document.

IMPACT DE SIX MOIS D'ENTRETIEN QUOTIDIEN

Tableau 13 : Description des abréviations utilisées pour rapporter l'impact de l'entretien.

Abréviation	Description
Δc	Variation de la concentration de surface de fini (ou de bouche pore), c , suite à l'entretien, exprimée en % de la quantité initiale.
$\Delta \mu_k$	Variation du coefficient de friction dynamique, μ_k , suite à l'entretien, exprimée en % de la friction dynamique initiale.
ΔIR	Variation de l'indice de rugosité, IR , suite à l'entretien, exprimée en % de la rugosité initiale.
ΔL	Variation du lustre, L , suite à l'entretien, exprimé en % du lustre initial.
ΔME	Variation de la mouillabilité du revêtement par l'eau, ME , suite à l'entretien, exprimée en % de la mouillabilité initiale.
BP	Bouche pore acrylique.
BV	Fini acrylique basse vitesse.
BV2	Second fini acrylique basse vitesse d'un fabricant différent de BV.
C	Nettoyant à plancher de la catégorie des Cationiques.
Eau	Entretien à l'eau sans nettoyant.
HF	Acide fluorhydrique, faisant partie de plusieurs produits utilisés pour traiter chimiquement les revêtements afin d'en augmenter la résistance au glissement.
Machine	Dans cette étude, la machine est une polisseuse montée sur un tampon rouge tournant à 175 rpm.
Moppe	La moppe, aussi appelé balai à frange, est utilisée pour l'entretien manuel.
NA	Nettoyant à plancher de la catégorie des Neutres Anioniques.
NN	Nettoyant à plancher de la catégorie des Neutres Non-ioniques.
UHV	Fini acrylique ultra-haute vitesse
Usé	Revêtement recouvert de bouche pore ou de fini acrylique poncé à l'aide d'un papier à sabler (No 600).

Sur deux finis basse vitesse

Pour les besoins de cette activité, nous avons sélectionné des produits appartenant à des catégories différentes, soit bouche pore, fini basse vitesse ou fini ultra-haute vitesse. Sans faire une étude approfondie, nous avons voulu vérifier si l'impact de l'entretien était le même sur un autre produit appartenant à la catégorie des finis basse vitesse.

Les résultats obtenus avec un second fini acrylique basse vitesse (**BV2**) sont comparés au fini basse vitesse (**BV**) recommandé par le fabricant des tuiles de vinyle. Le nettoyant cationique, **C**, est utilisé afin d'amplifier la détérioration des finis et l'effet de l'entretien.

Tableau 14 : Comparaison de l'impact de six mois d'entretien sur les caractéristiques de deux finis basse vitesse différents.

Moppe sur Vinyle après 6 mois avec un C	BV %	BV2 %
Δc (%)	-100	-24
ΔL (%)	-14	-10
$\Delta \mu_k$ (%)	-9	+96
ΔIR (%)	+37	+45
ΔME (%)	+69	+16

- ❑ Le BV2 résiste mieux à l'entretien comme l'indique son usure 4 fois plus faible que celle du BV qui a presque disparu de la surface du vinyle après l'équivalent de 6 mois d'entretien avec un nettoyant cationique, **C**. Le lustre du BV2 est lui aussi moins affecté.
- ❑ L'entretien avec un cationique réduit la friction du BV alors qu'il double celle du BV2. Cette augmentation de la friction semble réelle puisqu'elle a été confirmée lors d'une seconde série de tests sur un autre échantillon recouvert de BV2.
- ❑ L'entretien avec un cationique augmente l'indice de rugosité et la mouillabilité du fini par l'eau de façon similaire pour les deux finis basse vitesse.

L'approche comparative suggère que l'entretien à la moppe de deux finis appartenant à une même catégorie n'ait pas nécessairement le même impact, en particulier dans le cas de la perte de fini et de la friction.

L'interprétation des données expérimentale de cette étude s'applique seulement aux produits utilisés et elle ne saurait être généralisée aux autres produits des catégories testées.

Selon la température de la solution de lavage

Lors de cette activité, tous les nettoyages ont été réalisés en préparant les solutions de lavage avec de l'eau à la température ambiante, soit autour de 23°C. L'impact de l'entretien à 45°C a été vérifié pour le vinyle recouvert du fini basse vitesse.

Tableau 15 : Impact de la température de la solution de lavage après six mois d'entretien du vinyle recouvert du fini basse vitesse.

Moppe sur Vinyle + BV après 6 mois	Eau		NA		NN	
	23°C	45	23	45	23	45
Δc (%)	-10	-2	-15	-9	-28	-10
ΔL (%)	-1	0	-4	-4	-5	-2
$\Delta \mu_k$ (%)	-23	-2	+1	+5	+6	+1
ΔIR (%)	-35	-15	+24	-14	+23	-36

- L'utilisation de solutions de lavage chaudes semble moins agressif en terme de perte de masse et de lustre, autant pour l'entretien à l'eau que pour l'entretien avec le **NA** et le **NN**.
- L'entretien à l'eau chaude affecte peu les paramètres de friction alors que l'entretien à l'eau tiède les réduit.
- L'entretien avec des solutions de **NA** ou de **NN** tièdes ou chaudes a peu d'impact sur la friction dynamique.
- L'entretien avec des solutions chaudes de **NA** et de **NN** semble réduire l'indice de rugosité alors que l'entretien avec des solutions tièdes semble l'augmenter.

L'approche comparative suggère qu'il soit préférable d'entretenir le vinyle recouvert d'un fini basse vitesse avec des solutions de NA ou de NN tièdes et de les rincer avec de l'eau chaude.

Moppe : Vinyle recouvert du bouche pore

Tableau 16 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du bouche pore intact.

Moppe sur Vinyle + BP après 6 mois	Eau	NA	NN
Δc (%)	-1	-2	+1
ΔL (%)	+1	0	0
$\Delta \mu_k$ (%)	-33	+73	+123
ΔIR (%)	-50	-7	+9

- ❑ Le bouche pore résiste bien à l'entretien à la moppe comme l'indique le maintien du lustre et les faibles pertes de masse, autant pour le nettoyage à l'eau qu'au **NA** et au **NN**.
- ❑ La friction dynamique et l'indice de rugosité diminuent significativement lors de l'entretien à l'eau claire (sans nettoyant). À l'opposé, la friction dynamique augmente lors de l'entretien avec un nettoyant de type **NA** ou **NN**. Cet effet semble réel puisqu'il a aussi été observé lors de l'entretien à la moppe du grès recouvert de bouche pore.

Tableau 17 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du bouche pore usé physiquement.

Moppe sur Vinyle + BP usé après 6 mois	NA	NN
Δc (%)	-2	0
ΔL (%)	+12	+8
$\Delta \mu_k$ (%)	+63	+35
ΔIR (%)	+56	+66

- ❑ L'usure physique du bouche pore ne semble pas accélérer la détérioration causée par l'entretien. Le lustre augmente légèrement, possiblement par le lavage des poussières laissées à la surface et/ou par un effet polissant de l'entretien prolongé.
- ❑ La friction dynamique augmente encore suite au lavage quoique l'effet soit moins marqué, particulièrement pour le nettoyage au **NN**.
- ❑ L'usure physique génère de fines particules qui bouchent les rayures sur le bouche pore, générant un indice de rugosité plus faible que le bouche pore intact. Le nettoyage déloge ces poussières et régénère l'indice de rugosité du bouche pore intact.

L'approche comparative suggère que la résistance au glissement du vinyle recouvert du bouche pore, intact ou usé physiquement, augmente lorsqu'il est entretenu à la moppe avec un NA ou un NN.

Moppe : Vinyle recouvert du fini basse vitesse

Tableau 18 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini basse vitesse intact.

Moppe sur Vinyle + BV après 6 mois	Eau	NA	NN
Δc (%)	-10	-14	-28
ΔL (%)	-1	-4	-5
$\Delta \mu_k$ (%)	-23	+1	+6
ΔIR (%)	-35	+24	+23

- ❑ Le fini acrylique basse vitesse résiste mal à l'entretien comme l'indique la perte de masse et de lustre, particulièrement en présence de nettoyants. Par exemple, l'entretien quotidien à la moppe avec le **NN** élimine près de 5% du fini par mois.
- ❑ L'entretien à l'eau réduit la friction dynamique et l'indice de rugosité. À l'opposé, l'entretien avec le **NA** et le **NN** conduit à une légère augmentation de la friction dynamique et de l'indice de rugosité.

Tableau 19 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini basse vitesse usé physiquement.

Moppe sur Vinyle + BV usé après 6 mois	NA	NN
Δc (mg/cm ²)	-8	-7
ΔL (%)	+11	+14
$\Delta \mu_k$ (%)	+11	+5
ΔIR (%)	-20	-20

- ❑ Le fini basse vitesse usé physiquement semble plus résistant que le fini intact, suggérant que le fini directement à la surface soit plus affecté par l'entretien. Cette observation est en accord avec un impact maximal de l'entretien lors des premières semaines d'entretien. Le lustre augmente, possiblement par l'élimination de poussières résiduelles et/ou par un effet polissant de l'entretien prolongé.
- ❑ La friction dynamique augmente pour l'entretien au **NA** alors qu'elles sont peu affectées, sinon diminuées, pour l'entretien au **NN**.
- ❑ L'entretien résulte en une diminution de l'indice de rugosité du fini basse vitesse usé, suggérant que la combinaison de l'usure physique et de l'entretien prolongé réduit la rugosité intrinsèque de ce fini.

L'approche comparative indique que le fini basse vitesse se dégrade rapidement et que l'entretien à la moppe avec un NA semble optimal en terme de résistance au glissement.

Moppe : Vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse

Tableau 20 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse intact.

Moppe sur Vinyle + UHV après 6 mois	Eau	NA	NN
Δc (%)	0	0	-1
ΔL (%)	-1	-1	0
$\Delta \mu_k$ (%)	+12	+26	+14
ΔIR (%)	-36	-14	-5

- ❑ La concentration du fini UHV est plus élevée que celle du BV et du BP . Le UHV résiste très bien à l'entretien comme l'indique les pertes négligeables de fini et de lustre, autant pour le nettoyage à l'eau qu'en présence du **NA** ou du **NN**.
- ❑ Le nettoyage à l'eau, au **NA** ou au **NN**, augmente légèrement la friction dynamique et réduit l'indice de rugosité. À l'encontre du BP et du BV, l'impact sur la friction du fini UHV est similaire pour le nettoyage avec ou sans nettoyant (**NA** ou **NN**).

Tableau 21 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse usé physiquement.

Moppe sur Vinyle + UHV usé après 6 mois	NA	NN
Δc (%)	-1	-1
ΔL (%)	+6	+7
$\Delta \mu_k$ (%)	+18	+13
ΔIR (%)	-8	-12

- ❑ L'usure physique du fini UHV n'accélère pas sa détérioration par l'entretien. L'augmentation du lustre suite à l'entretien est moins prononcée que pour le BV (+10). Il est possible que la dureté du UHV limite l'effet polissant de l'entretien prolongé.
- ❑ L'entretien du fini UHV usé semble augmenter légèrement la friction dynamique, autant pour le nettoyage au **NA** qu'au **NN**. L'indice de rugosité subit une légère baisse pour les deux types de nettoyage.

L'approche comparative indique que le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse résiste très bien à l'entretien quotidien à la moppe avec une résistance au glissement légèrement supérieure avec un NA.

Moppe : Grès recouvert du bouche pore

Le grès se rencontre fréquemment au niveau des services alimentaires où il est susceptible d'être contaminé par la matière grasse. Les nettoyeurs utilisés dans ces services sont souvent plus agressifs que les neutres. Nous avons remplacé le **NA** par un **C** pour évaluer la résistance du bouche pore dans des conditions plus représentatives de celles rencontrées dans les services alimentaires.

Tableau 22 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le grès recouvert du bouche pore intact.

Moppe sur Grès + BP après 6 mois	Eau	NN	C
Δc (%)	0	0	-4
ΔL (%)	0	+1	0
$\Delta \mu_k$ (%)	-15	+23	+20
ΔIR (%)	-24	-25	+17

- ❑ Lors de l'application, une partie du bouche pore pénètre dans la porosité du grès, d'où l'appellation « bouche pore », conduisant à des concentrations plus élevées que sur les tuiles de vinyle.
- ❑ L'entretien au **C** est encore une fois plus agressif qu'au **NN** ou à l'eau. Par contre, le lustre du bouche pore est peu affecté dans les trois cas.
- ❑ La perte de masse du BP sur le grès demeure beaucoup plus faible que celles observées pour le BV (-1.09) et le BV2 (-0.31) entretenus avec le **C** suggérant que le bouche pore soit mieux adapté à l'entretien avec un nettoyeur relativement agressif.
- ❑ Comme il a été observé pour le vinyle recouvert du BP, l'entretien à l'eau réduit la friction dynamique alors que l'utilisation d'un nettoyeur l'augmente.
- ❑ L'entretien à l'eau et au **NN** abaisse légèrement l'indice de rugosité alors que l'utilisation d'un **C** semble l'augmenter légèrement.

L'entretien à la moppe avec le NN semble maintenir la résistance au glissement du grès sans dégrader significativement le bouche pore.

Moppe : Grès recouvert du fini basse vitesse

L'application d'un fini acrylique directement sur le grès n'est généralement pas recommandé par les fabricants de revêtements de sol ou de finis. La situation peut malgré tout se produire.

Tableau 23 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur le grès recouvert du fini basse vitesse intact.

Moppe sur Grès + BV après 6 mois	Eau	C
Δc (%)	-2	-23
ΔL (%)	-3	-21
$\Delta \mu_k$ (%)	-4	+50
ΔIR (%)	-4	+113

- ❑ Le fini BV résiste mal à l'entretien, sans toutefois être pire que lorsqu'il est appliqué sur le vinyle. Par exemple, la perte de fini pour l'entretien à l'eau du vinyle recouvert de fini BV est de 0.11 mg/cm^2 alors qu'elle est de 0.07 mg/cm^2 sur le grès recouvert de même fini.
- ❑ L'entretien à l'eau a réduit légèrement la friction et l'indice de rugosité alors que l'entretien avec un nettoyant les augmente. Dans ce cas particulier, la surface des échantillons était très altérée après 6 mois d'entretien au **C**, comme le suggère la perte de 20% de lustre.

Le fini basse vitesse appliqué sur le grès résiste mal à l'entretien, même en absence de nettoyant.

Moppe : Céramique

La céramique glacée peu usée peut être nettoyée efficacement par un nettoyage humide avec le nettoyant approprié. Dans ce cas, on évalue la perte de masse par unité de surface puisqu'on ajoute ni fini ni bouche pore à ce type de revêtement.

Tableau 24 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur la céramique glacée.

Moppe : Céramique	Eau	NN
Δc (mg/cm ²)	-0.02	-0.02
ΔL (%)	-1	-2
$\Delta \mu_k$ (%)	+5	-4
ΔIR (%)	+4	+13

- La céramique glacée résiste bien à l'usure causée par l'entretien à la moppe et elle perd très peu de son lustre après six mois.
- La friction dynamique et l'indice de rugosité sont peu affectés par l'entretien à l'eau ou avec le **NN**.

Tableau 25 : Impact de six mois d'entretien à la moppe sur la céramique traitée à l'acide fluorhydrique.

Moppe : Céramique HF	Eau	NN
Δc (mg/cm ²)	-0.59	-0.41
ΔL (%)	-3	0
$\Delta \mu_k$ (%)	+23	-14
ΔIR (%)	+30	+4

- Le traitement à l'acide réduit le lustre en dissolvant une partie du glaçage à la surface de la céramique. Dans cette étude, l'impact du traitement sur la friction est marginal.
- La perte de masse, suite à l'entretien à la moppe, est beaucoup plus importante que dans le cas de la céramique non traitée (~ 0.02 mg/cm²) suggérant que la surface traitée à l'acide fluorhydrique soit plus fragile que la surface initiale, d'où une usure précoce.
- L'entretien à l'eau semble augmenter la friction dynamique de la céramique traitée alors que l'entretien avec le **NN** semble la réduire. Toutefois, les frictions dynamiques initiales des échantillons utilisés étaient significativement différentes de sorte qu'à la fin les frictions sont semblables, $\mu_k \sim 0.47$.

En absence d'usure physique, l'entretien à la moppe dégrade peu la céramique non traitée tout en maintenant sa résistance au glissement. Une fois traitée au HF, la surface de la céramique se dégrade plus facilement avec peu d'impacts sur la résistance au glissement.

Machine : Vinyle recouvert du bouche pore

Tableau 26 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le vinyle recouvert du bouche pore.

Machine sur Vinyle + BP après 6 mois	Eau	NA	NN
Δc (%)	-9	-8	-11
ΔL (%)	-9	-12	-10
$\Delta \mu_k$ (%)	-33	-19	-16
ΔIR (%)	-22	-22	-13

- ❑ L'usure et la perte de lustre sont les mêmes pour l'entretien à l'eau ou avec le **NA** ou le **NN**. À priori, l'impact de l'entretien sur l'intégrité du BP dépendrait surtout de type de tampon utilisé avec la machine, dans la mesure où celui-ci est plus agressif que les nettoyants, ce qui semble être le cas du tampon rouge.
- ❑ L'entretien à la machine réduit systématiquement la friction dynamique du BP et l'abaissement semble plus important en absence de nettoyant, en accord avec les observations pour l'entretien à la moppe avec de l'eau.
- ❑ L'abaissement de la rugosité suggère un effet polissant lors de l'entretien à la machine.

L'entretien à la machine avec un tampon rouge dégrade le bouche pore et sa résistance au glissement.

Machine : Vinyle recouvert du fini basse vitesse

Tableau 27 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le vinyle recouvert du fini basse vitesse.

Machine sur Vinyle + BV après 6 mois	Eau	NA	NN
Δc (%)	-78	-94	-79
ΔL (%)	-19	-22	-19
$\Delta \mu_k$ (%)	-7	+12	+5
ΔIR (%)	+21	+10	+22

- ❑ Après 6 mois d'entretien à la machine, le fini BV est presque entièrement éliminé et le lustre se rapproche de celui du vinyle décapé. Encore une fois, l'impact du nettoyage à la machine semble dépendre seulement du type de tampon utilisé, dans la mesure où celui-ci est plus agressif que les nettoyeurs, ce qui semble être le cas du tampon rouge.
- ❑ La friction dynamique augmente légèrement lors de l'entretien avec le **NA**. Dans ce cas particulier, le décapage est presque complet et la friction correspond probablement à celle du vinyle décapé altéré par le tampon rouge.
- ❑ L'indice de rugosité semble augmenter légèrement avec le nettoyage à la machine. Ceci pourrait être attribuable à l'alternance de zone avec et sans fini qui contribueraient à augmenter l'hétérogénéité de la surface. L'augmentation de l'indice de rugosité est en effet plus élevée pour l'entretien à l'eau et au **NN** qui semblent laisser un peu plus de fini à la surface que l'entretien au **NA** qui l'élimine presque au complet.

L'entretien à la machine avec un tampon rouge élimine la presque totalité du fini basse vitesse appliqué sur le vinyle.

Machine : Vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse

Tableau 28 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le vinyle recouvert du fini ultra-haute vitesse.

Machine sur Vinyle + UHV après 6 mois	Eau	NA	NN
Δc (%)	-7	-9	-9
ΔL (%)	-10	-8	-7
$\Delta \mu_k$ (%)	-4	-2	+4
ΔIR (%)	-8	-4	+13

- ❑ L'entretien à la machine use significativement le fini UHV et en réduit le lustre de près de 10%. Encore une fois, l'impact du nettoyage à la machine semble dépendre seulement du type de tampon utilisé, dans la mesure où celui ci est plus agressif que les nettoyants, ce qui semble être le cas du tampon rouge.
- ❑ La friction dynamique et l'indice de rugosité diminuent lors de l'entretien avec l'eau ou le **NA** alors qu'ils augmentent légèrement lors de l'entretien avec le **NN**. Ces différences demeurent toutefois marginales en deçà de l'incertitude expérimentale.

L'entretien à la machine avec un tampon rouge dégrade peu le fini ultra-haute vitesse et l'utilisation d'un NN maintient la résistance au glissement.

Machine : Grès recouvert du bouche pore

Tableau 29 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur le grès recouvert du bouche pore.

Machine : Grès + BP	Eau	NA	NN
Δc (%)	-2	-1	-2
ΔL (%)	-11	-10	-13
$\Delta \mu_k$ (%)	-24	-20	-13
ΔIR (%)	-44	-33	+14

- L'entretien à la machine use deux fois moins le BP sur le grès que le BP sur le vinyle. On pourrait spéculer que le BP adhère mieux au grès qu'il n'adhère vinyle. Ou encore, que la surface plus accidentée du grès (indice de rugosité plus élevé) réduit la surface de contact du tampon avec le bouche pore acrylique et en diminue l'usure.
- L'entretien à la machine réduit le lustre grès recouvert du BP.
- L'entretien à la machine réduit significativement la friction dynamique du grès recouvert du BP. L'impact ne semble pas dépendre du type de nettoyant, suggérant encore une fois que le tampon rouge de la machine est plus agressif que le **NA** et le **NN** de cette étude.
- L'usure du BP sur le grès est très similaire à l'usure du BP sur le vinyle. Cette observation suggère que le BP soit peu influencé par le substrat de base.

L'entretien à la machine avec un tampon rouge dégrade peu le bouche pore appliqué sur le grès mais réduit sa résistance au glissement.

Machine : Céramique

La céramique glacée peu usée peut être nettoyée efficacement par un nettoyage humide avec le nettoyant approprié. Dans ce cas, on évalue la perte de masse par unité de surface puisqu'on ajoute ni fini ni bouche pore à ce type de revêtement.

Tableau 30 : Impact de six mois d'entretien à la machine (tampon rouge, 175 rpm) sur la céramique traitée ou non à l'acide fluorhydrique.

Machine sur Céramique après 6 mois avec un NN	Non traitée	Traitée au HF
Δc (mg/cm ²)	-0.04	-0.77
ΔL (%)	+2	+6
$\Delta \mu_k$ (%)	-36	-28
ΔIR (%)	-51	-24

- ❑ L'entretien à la machine avec un **NN** use peu la céramique non traitée mais il détériore la surface de céramique traitée au HF. Ce résultat suggère que le traitement à l'acide fluorhydrique fragilise la surface de la céramique et accélère son usure physique. Un tel traitement devrait donc être limité à céramiques déjà usées et dont on veut régénérer la résistance au glissement.
- ❑ Malgré l'usure accélérée de la céramique traitée, l'entretien ne semble pas régénérer le lustre qui demeure très bas.
- ❑ Il est intéressant de noter que la friction dynamique semble chuter autant pour la céramique traitée que pour la céramique non-traitée avec une réduction de l'indice de rugosité dans les deux cas. Autre fait surprenant, l'indice de rugosité de la céramique non traitée est plus affecté que celui de la céramique traitée et ce malgré le fait que l'usure soit près de 20 fois plus sévère pour la céramique traitée.

L'entretien à la machine dégrade peu la céramique non traitée tout en réduisant significativement sa résistance au glissement. Une fois la céramique traitée, son entretien à la machine dégrade rapidement la surface avec une perte significative de résistance au glissement. L'approche comparative suggère donc que la céramique, qu'elle soit traitée ou non au HF, ne devrait pas être entretenue à la machine, du moins pas avec un tampon rouge.

ENTRETIEN À LA MOPPE VS ENTRETIEN À LA MACHINE

Le **Tableau 31** compare l'impact de six mois d'entretien à la moppe et à la machine avec un nettoyant de type **NN** pour les différents revêtements de sol intacts étudiés.

Tableau 31 : Comparaison de l'impact de six mois d'entretien à la moppe et à la machine avec un nettoyant de type **NN**.

Après 6 mois au NN	À la moppe	À la machine
Vinyle + bouche pore		
Δc (%)	+1	-11
ΔL (%)	0	-10
$\Delta \mu_k$ (%)	+123	-16
ΔIR (%)	+9	-13
Vinyle + fini basse vitesse		
Δc (%)	-28	-79
ΔL (%)	-5	-19
$\Delta \mu_k$ (%)	+6	+5
ΔIR (%)	+23	+22
Vinyle + fini ultra-haute vitesse		
Δc (%)	-1	-9
ΔL (%)	0	-7
$\Delta \mu_k$ (%)	+14	+4
ΔIR (%)	-5	+13
Grès + bouche pore		
Δc (%)	-0	-2
ΔL (%)	+1	-13
$\Delta \mu_k$ (%)	+23	-13
ΔIR (%)	-25	+14
Céramique glacée		
Δc (mg/cm ²)	-0.02	-0.04
ΔL (%)	-2	+2
$\Delta \mu_k$ (%)	-4	-36
ΔIR (%)	+13	-51
Céramique glacée et traitée au HF		
Δc (mg/cm ²)	-0.41	-0.77
ΔL (%)	0	+6
$\Delta \mu_k$ (%)	-14	-28
ΔIR (%)	+4	-24

- ❑ L'entretien à la machine est plus agressif pour les revêtements que l'entretien à la moppe, ce qui se traduit par une perte de fini et de lustre plus importante. Par conséquent, l'entretien quotidien à la machine requiert de ré-appliquer le fini ou le bouche pore plus fréquemment.
- ❑ L'entretien à la machine réduit la friction dynamique du bouche pore sur le vinyle et le grès alors que l'entretien à la moppe l'augmente.
- ❑ La friction des finis BV et UHV semble peu affectée par l'entretien qu'il soit à la moppe ou à la machine.
- ❑ L'entretien de la céramique glacée à la machine semble deux fois plus agressif qu'à la moppe avec le résultat que la friction et l'indice de rugosité se détériorent plus rapidement.
- ❑ L'entretien à la machine use plus rapidement la céramique traitée au HF que celle qui n'a pas été traitée. L'impact sur la friction est essentiellement le même.

L'entretien à la machine avec un tampon rouge à 175 rpm devrait être limité aux revêtements recouverts d'un fini ultra-haute vitesse. L'entretien de la céramique, du grès et du vinyle recouvert d'un bouche pore ou d'un fini basse vitesse devrait se faire à la moppe ou du moins avec une machine présentant des conditions moins agressives.

Il semble que la dégradation des revêtements soit attribuable à l'agressivité du tampon rouge plutôt qu'à celle des nettoyants **NA** et **NN**. Il est probable que l'utilisation d'un tampon moins agressif, ou encore la diminution de la pression du tampon sur le plancher, réduirait l'usure des revêtements due à l'entretien. Toutefois, ces paramètres n'ont pas été examinés dans la présente étude.

LUSTRE ET FRICTION DES PLANCHERS

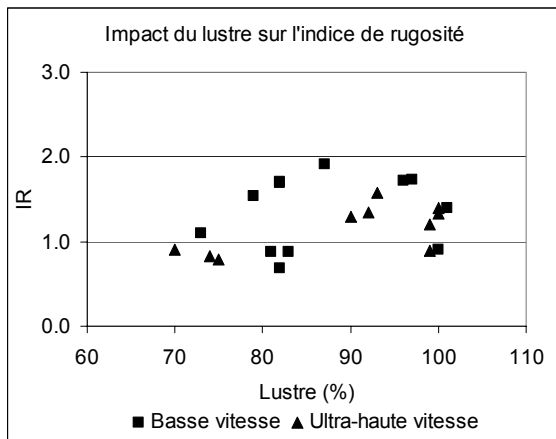


Figure 14 : Corrélation entre l'indice de rugosité et le lustre du vinyle recouvert d'un fini acrylique.

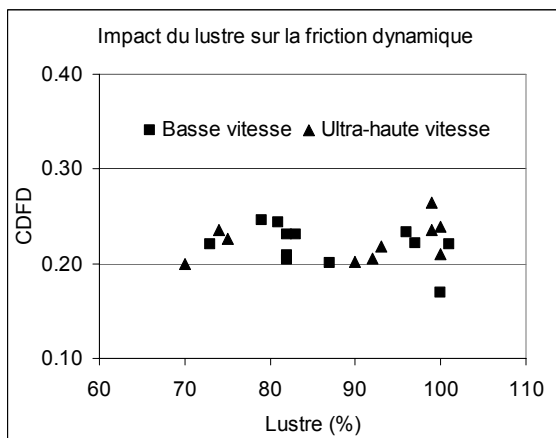


Figure 15 : Corrélation entre la friction dynamique, μ_k , et le lustre d'un vinyle recouvert d'un fini acrylique.

On associe souvent un plancher brillant à un plancher glissant. Cette affirmation ne tient pas compte de la source de l'aspect luisant des planchers.

Par exemple, l'accumulation de matière grasse et l'application d'un mince film de solution de lavage auront pour effet d'augmenter le lustre apparent du plancher. Toutefois, l'abaissement de la résistance au glissement sera attribuable à la présence d'agents glissants sur le plancher et non au lustre du plancher. Qu'en est-il du lustre des finis acryliques ?

Au cours de cette étude, la friction dynamique a été mesurée sur le vinyle recouvert de finis basse vitesse et ultra-haute vitesse. Le lustre de ces revêtements variait entre celui du vinyle fraîchement décapé, ~72 et celui des finis intacts ~100 selon l'usure physique et l'impact du nettoyage sur l'apparence des finis.

Les **Figures 14** et **15** montrent que le lustre du plancher n'est pas corrélé avec l'indice de rugosité ou la friction dynamique.

Ces résultats suggèrent qu'un plancher de vinyle recouvert d'un fini lustré et sec ne soit pas nécessairement plus glissant qu'un plancher recouvert d'un fini usé et mat.

Il est aussi possible qu'un vinyle recouvert d'un fini acrylique lustré et sec ait une meilleure résistance au glissement que le même vinyle décapé et laissé sans finition.

NETTOYAGE DE LA PARAFFINE

Problématique spécifique

Les laboratoires de pathologie des centres hospitaliers utilisent la paraffine pour préparer les échantillons pour observation au microscopique. Cette procédure implique la manipulation et la coupe de la paraffine dont une quantité appréciable s'accumule sur les planchers. L'aspect de l'entretien optimal des planchers recouverts de paraffine a donc été abordé dans cette activité.

Lors de quelques visites nous avons observé que la quantité de paraffine accumulée sur les planchers pendant un quart de travail était en effet très grande. La première recommandation est donc d'éliminer l'excès de paraffine par grattage et balayage avant de procéder au nettoyage de la paraffine résiduelle. Les trois approches testées dans cette activité sont :

1. **Brossage léger manuel** avec une solution de nettoyant à plancher.
2. **Brossage agressif manuel** avec une solution de nettoyant à plancher.
3. **Brossage agressif à la machine** (175 rpm) avec un tampon rugueux un et nettoyant à plancher.

Le vinyle a été choisi comme revêtement de base et la paraffine nous a été fournie par un centre hospitalier. Le thermogramme⁷ de cette paraffine est montré à la **Figure 16** où on observe deux pics endothermiques dont le premier, à 37°C, correspondrait à une transition dans l'état solide et le second, à 55.2°C, correspond à la fonte de la paraffine, en bon accord avec la valeur de 56°C rapportée par le fabricant.

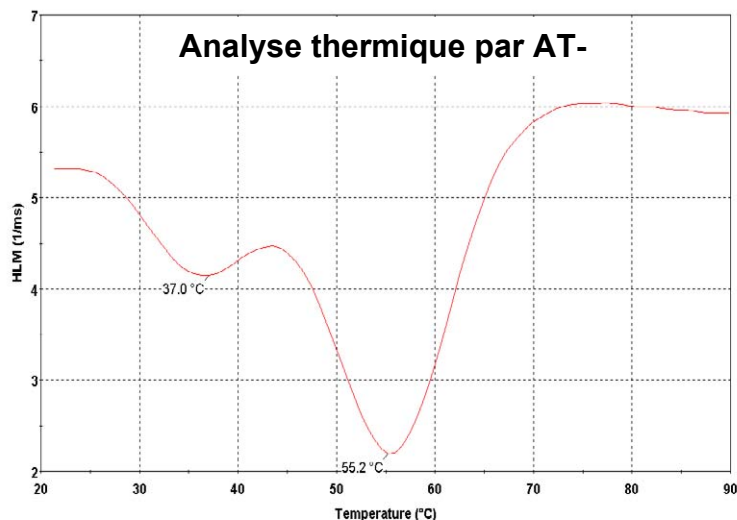


Figure 16 : Analyse thermique (AT-HLM) obtenue lors du réchauffement de la paraffine. Un pic vers le bas indique une transition endothermique.

⁷ L'appareil d'analyse thermique AT-HLM est construit et commercialisé par QInC. Pour plus de détails sur l'appareil, le lecteur peut consulter le site internet www.qinc.ca et l'article de F. Quirion et al. dans Canadian Journal of Chemistry, 1992, vol. 70, p. 2745-50.

Friction du vinyle recouvert de paraffine

Dans un premier temps, la quantité de paraffine nécessaire pour saturer le vinyle décapé a été déterminée à l'aide de la réflectivité des surfaces.

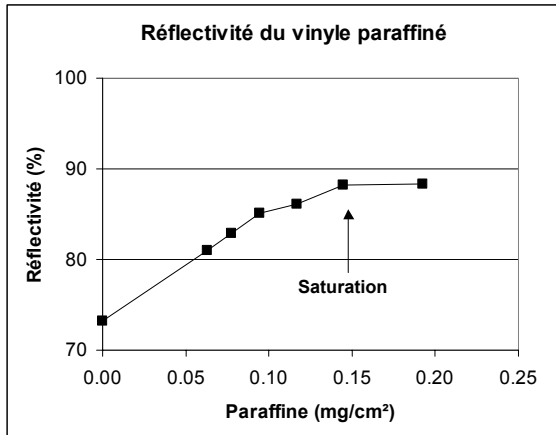


Figure 17 : Évolution de la réflectivité du vinyle décapé avec l'application de paraffine.

d'un fini acrylique. En fait, la paraffine solide n'est pas transparente mais plutôt opalescente de sorte qu'elle diffuse une partie de la lumière qui ne contribue plus à la réflectivité.

Comme mentionné à la section précédente, la première étape de l'entretien consiste à gratter et balayer les planchers pour enlever l'excès de paraffine. Une série de tests en laboratoire indique que la concentration de paraffine demeurant sur le plancher se situe entre $0,3 \text{ mg/cm}^2$ et $0,5 \text{ mg/cm}^2$ de paraffine selon l'intensité du grattage. Dans cette étude, la quantité de paraffine appliquée sur les échantillons se situait typiquement entre $0,25$ et $0,35 \text{ mg/cm}^2$ correspondant à un plancher sursaturé.

La **Figure 17** montre que la saturation se produit vers $0,15 \text{ mg/cm}^2$ de paraffine sur le vinyle. Au-dessus de cette concentration, le film de paraffine ne fait que s'épaissir. La saturation en paraffine apparaît à une concentration inférieure à la saturation en matière grasse ($\sim 0,35 \text{ mg/cm}^2$). La paraffine étant solide, elle ne pénètre pas dans les pores du vinyle de sorte qu'il en faut moins pour couvrir la surface.

La **Figure 17** indique aussi que la réflectivité du revêtement saturé en paraffine se situe autour de 88 %, une valeur bien inférieure à 100% obtenue pour une surface recouverte

d'un fini acrylique. En fait, la paraffine solide n'est pas transparente mais plutôt opalescente de sorte qu'elle diffuse une partie de la lumière qui ne contribue plus à la réflectivité.

La friction dynamique et l'indice de rugosité du vinyle recouvert de paraffine ont été déterminés en fonction de la concentration de paraffine et ils sont rapportés à la **Figure 18**. Le trait plein correspond à la valeur du vinyle décapé en absence de paraffine.

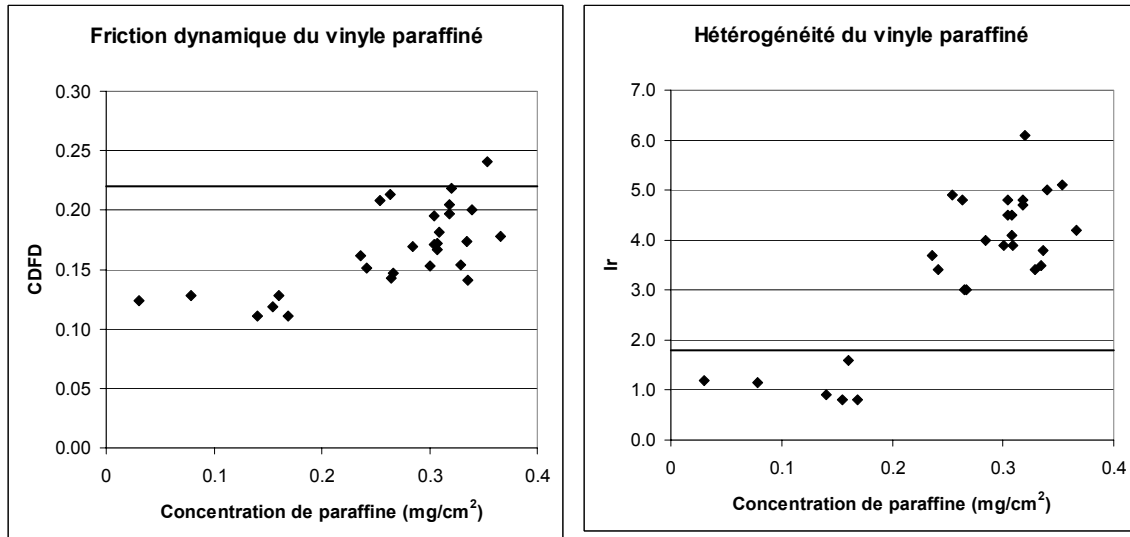


Figure 18 : Évolution de la friction dynamique (μ_k à gauche) et de l'indice de rugosité (IR à droite) avec la concentration de surface en paraffine. Les traits pleins correspondent au vinyle sans paraffine.

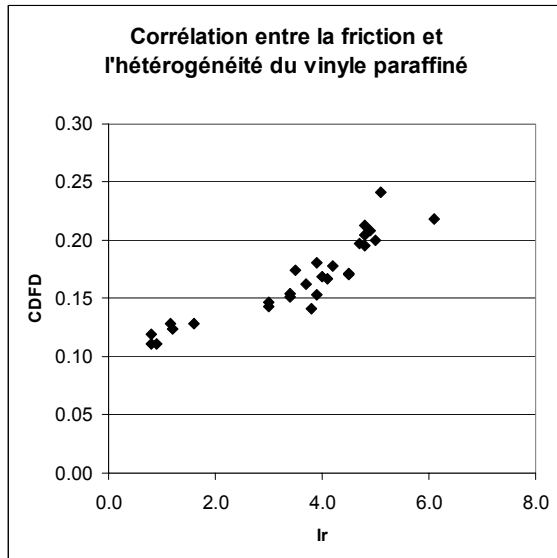


Figure 19 : Corrélation entre la friction dynamique, μ_k , et l'indice de rugosité, IR, du vinyle recouvert de paraffine.

À des concentrations inférieures à la saturation (0.15 mg/cm^2), la friction dynamique et l'indice de rugosité sont plus petits qu'en absence de paraffine. Lorsque la concentration de paraffine dépasse la saturation, la friction dynamique et l'indice de rugosité se mettent à augmenter. Dans le cas de l'indice de rugosité, cette augmentation dépasse largement la valeur du vinyle sans paraffine, suggérant que l'excès de paraffine génère une hétérogénéité de surface qui contribue sans doute à augmenter artificiellement la friction dynamique.

Cette hypothèse est confirmée à la **Figure 19** qui montre que la friction dynamique est directement corrélée avec l'indice de rugosité des surfaces de vinyle recouvert de paraffine. Cette corrélation suggère que :

L'augmentation de la concentration de paraffine à la surface du vinyle génère une rugosité artificielle qui résulte en une augmentation de la friction dynamique.

Cette observation est paradoxale compte tenu que la paraffine est considérée comme un agent glissant que l'on désire éliminer.

Compatibilité de la paraffine avec les nettoyeurs

Une fois sur le plancher, la paraffine s'étale par piétinement des travailleurs pour former un film solide très difficile à déloger par la simple action nettoyante.

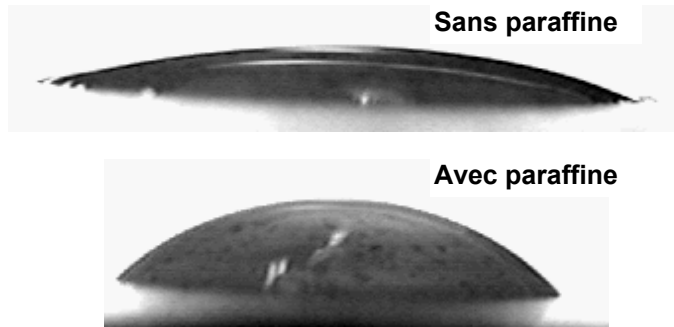


Figure 20 : Comparaison de l'étalement d'une goutte d'une solution de DG sur le vinyle décapé sans paraffine (haut) et recouvert d'un excès de paraffine (bas).

La paraffine est inerte et insoluble dans l'eau. Elle est aussi hydrophobe de sorte que l'eau et les solutions de lavage ont de la difficulté à mouiller les revêtements où elle est présente.

Ceci est montré à la **Figure 20** où on note que la goutte de solution de lavage (**DG 1%** dans l'eau) réduit sa surface de contact avec le revêtement lorsque ce dernier est recouvert de paraffine.

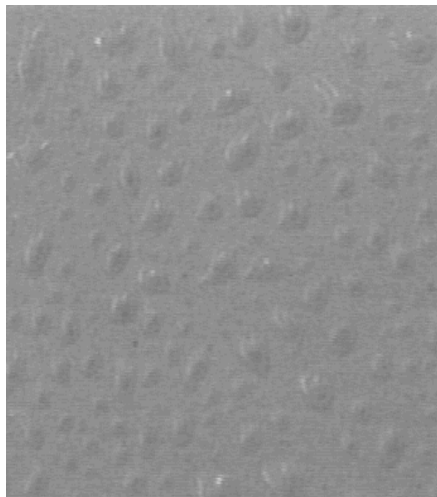


Figure 21 : Image d'une surface de vinyle recouverte de paraffine suite à l'application de la solution de lavage.

Cette augmentation de l'angle de contact favorise la formation de gouttelettes de sorte que seulement une fraction de la surface du revêtement est en contact avec les gouttelettes de nettoyeurs. Ce phénomène est illustré à la **Figure 21** et il diminue l'efficacité du nettoyeur.

Il faut donc prévoir une action mécanique pour aider le nettoyeur à déloger la paraffine. Des tests préliminaires suggèrent que les nettoyeurs des catégories **DG⁸** et **DL** constituent un compromis entre puissance de nettoyage et sécurité d'utilisation pour les travailleurs.

⁸ Il est à noter que le **DG** utilisé pour le nettoyage de la paraffine n'est pas le même que celui utilisé pour l'impact de l'entretien présenté à la section précédente.

Brossage léger manuel

La procédure testée se fait en quatre étapes :

1. Appliquez la solution de lavage à l'aide d'une moppe saturée en solution de lavage et laissez agir 2 minutes.
2. Brossez les échantillons à l'aide d'une brosse souple.
3. Récupérez la solution de lavage avec la moppe essorée.
4. Rincez les échantillons avec une moppe trempée dans l'eau claire et essorée et laissez-les sécher au moins trois heures en présence de ventilation.

Cette procédure comporte plusieurs paramètres dont quelques-uns ont été variés pour optimiser la procédure :

1. Type de nettoyeur à plancher (**DG** et **DL**).
2. Concentration du nettoyeur dans l'eau (0, 10 et 20 % de nettoyeur dans l'eau).
3. Concentration de surface de paraffine (0.15 et 0.30 mg/cm²).
4. Température de la solution de lavage (23 et 50°C).
5. Nombre d'aller-retour de la brosse sur les échantillons (2 et 4).

La **Figure 22** illustre le montage et la brosse à poils souples utilisées pour le nettoyage des échantillons de vinyle recouverts de paraffine lors des tests en laboratoire.

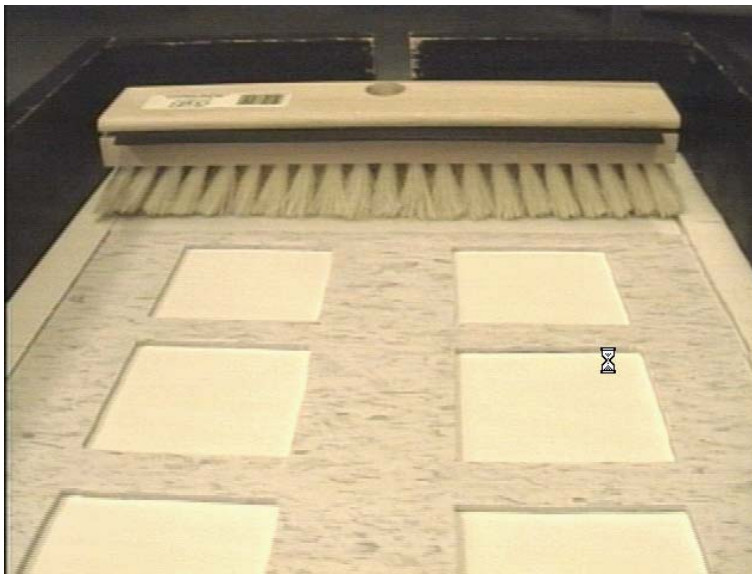


Figure 22 : Montage expérimental et brosse à poils souples utilisée lors du nettoyage manuel avec un léger brossage.

Rappelons que le cas de l'accumulation de paraffine est particulier et que la friction dynamique augmente avec l'accumulation de paraffine sur le vinyle, du moins avec la méthode expérimentale utilisée. L'efficacité du nettoyage doit donc se baser sur la fraction de paraffine éliminée lors du nettoyage sans tenir compte de l'impact sur la friction. Les résultats des tests sont résumés au **Tableau 32**.

Tableau 32 : Sommaire des résultats du nettoyage manuel avec léger brossage des tuiles de vinyle recouvertes de paraffine.

Nettoyant, Méthode, Brossage	Conc. %	Tempé- rature °C	Paraffine initiale (mg/cm ²)	Perte de masse (mg/cm ²)	Réflectivité		μ_k		IR	
					Ini	Δ (%)	Ini	Δ (%)	Ini	Δ (%)
Référence										
DG, NH, 0	10	23	0.32	0.00	89	+2	0.18	+3	4.0	+2
Eau, NI, 2	0	23	0.30	0.00	86	+3	0.17	+3	3.9	+3
Procédure de base										
DG, NI, 2	10	23	0.35	0.12	89	+1	0.18	-14	3.8	-16
DL, NI, 2	10	23	0.29	0.07	84	0	0.21	+1	4.8	+14
Impact de la concentration en nettoyant										
DG, NI, 2	20	23	0.26	0.03	87	+2	0.18	-16	3.9	-28
Impact de la concentration en paraffine										
DG, NI, 2	10	23	0.16	0.00	88	-1	0.12	-4	1.2	0
Impact de la température de la solution de lavage										
DG, NI, 2	10	55	0.31	0.07	88	+1	0.21	-8	5.4	+11
DL, NI, 2	10	46	0.28	0.00	89	0	0.16	+1	3.8	-12
Impact du nombre de brossage										
DG, NI, 4	10	23	0.30	0.07	87	+2	0.17	-19	4.2	-31

Conc.= concentration en % du volume de nettoyant dans le volume total.

Brossage = nombre d'aller-retour de la brosse.

Ini = valeur avant le nettoyage.

Δ = variation de la propriété en %.

- Le nettoyage humide avec le **DG** représente l'entretien quotidien effectué dans un des laboratoires de pathologie visités. On note que cette procédure n'élimine pas de paraffine et qu'elle affecte très peu la friction dynamique et l'indice de rugosité.
- Le délogement de la paraffine avec la procédure de base peut être attribuable à l'action des nettoyants utilisés puisque le nettoyage à l'eau dans les mêmes conditions ne réussit pas à déloger la paraffine.
- Le nettoyage de base au **DG** réduit significativement la friction et l'indice de rugosité en accord avec l'élimination de 34% de la paraffine.
- Le fait de doubler la concentration du **DG** semble réduire l'efficacité du nettoyage tout en réduisant la friction dynamique et l'indice de rugosité.
- La procédure de base au **DL** élimine moins de paraffine que le **DG**. Par contre, elle augmente légèrement l'indice de rugosité et la friction, possiblement à cause de la détérioration de la paraffine par le d-limonène.
- Les nettoyages ayant réussi à déloger la paraffine, laissent tout de même une concentration de paraffine plus élevée que 0.23 ± 1 mg/cm² sur les échantillons. Il semble qu'un léger brossage à l'aide d'une solution de lavage permette de déloger

la paraffine qui s'accumule au-delà d'une concentration critique qui serait autour de 0.23 mg/cm^2 pour le vinyle. Cette hypothèse est en accord avec les faibles changements de réflectivité des échantillons suite au nettoyage.

- ❑ Le nettoyage de base avec le **DG** sur des échantillons recouverts de 0.16 mg/cm^2 de paraffine se sont avérés très peu efficaces, en accord avec une concentration critique en deçà de laquelle la paraffine devient très difficile à déloger.
- ❑ L'augmentation de la température semble réduire l'efficacité du nettoyage autant pour le **DG** que pour le **DL** sans affecter sensiblement la réflectivité, la friction et l'indice de rugosité.

Le nettoyage manuel avec un léger brossage est plus efficace qu'un nettoyage humide avec le même nettoyant mais il laisse tout de même une quantité importante de paraffine sur les planchers.

Brossage agressif manuel

Cette procédure est presque identique à la précédente sauf que le brossage de l'étape 2 est plus agressif. La procédure se fait en quatre étapes :

1. Appliquez la solution de lavage à l'aide d'une moppe saturée en solution de lavage et laissez agir 2 minutes.
2. Brossez les échantillons avec un tampon (rouge ou noir).
3. Récupérez la solution de lavage avec la moppe essorée.
4. Rincez les échantillons avec une moppe trempée dans l'eau claire et essorée et laissez-les sécher au moins trois heures en présence de ventilation.



Figure 23 : Montage expérimental et brosse utilisée pour le nettoyage manuel agressif.

Le brossage est illustré à la **Figure 23** et il consiste en une vingtaine de mouvements circulaires du tampon sur les échantillons.

Les résultats obtenus avec un tampon rouge, moyennement agressif, sont comparés au **Tableau 33** à ceux obtenus avec un tampon noir, très agressif.

Tableau 33 : Sommaire des résultats du nettoyage manuel avec un brossage agressif des tuiles de vinyle recouvertes de paraffine.

Tampon	Paraffine (mg/cm ²)	Perte de masse (mg/cm ²)	Réflectivité		μ _k		IR	
			Ini	Δ	Ini	Δ%	Ini	Δ%
Rouge	0.35	0.16	90	-3	0.22	-49	5.0	-74
Noir	0.15	0.12	88	-11	0.11	+15	0.8	+47
Noir	0.29	0.19	90	-13	0.15	-8	3.8	-55

Les tests sans paraffine visent à déterminer si les pertes de masses observées lors des nettoyages sont dues à l'élimination de la paraffine ou à la détérioration du revêtement.

Par exemple, l'application de la procédure de nettoyage avec le tampon rouge n'affecte pas significativement les caractéristiques du vinyle et on en déduit que cette procédure ne détériore pas le vinyle. Les pertes de masse avec le tampon rouge seront donc attribuables à la paraffine.

Avec le tampon noir, le vinyle perd près de 0.15 mg/cm² indiquant que la procédure dégrade le revêtement. Il faudra donc tenir compte de cette contribution potentielle à la perte de masse lors des nettoyages du vinyle recouvert de paraffine.

- ❑ La procédure avec le tampon rouge fait passer la concentration de paraffine de 0.35 à 0.19 mg/cm², une concentration qui se rapproche de la saturation ~ 0.15 mg/cm². L'élimination de 46% de la paraffine conduit tout de même à une réduction significative de l'indice de rugosité et de la friction dynamique, en accord avec un seuil de paraffine difficile à déloger.
- ❑ La faible baisse de réflectivité suite au nettoyage avec le tampon rouge est aussi en accord avec une concentration résiduelle importante de paraffine.
- ❑ La perte de masse observée lors des nettoyages avec le tampon noir se situe entre 0.12 et 0.19 mg/cm² quelle que soit la concentration initiale de paraffine (0.15 et 0.29 mg/cm²). Ce résultat suggère que le tampon abrasif agisse en profondeur dans le vinyle de sorte qu'il n'affecte pas seulement la surface. La baisse de réflectivité suite au nettoyage avec le tampon noir est probablement attribuable à cet effet abrasif.
- ❑ L'augmentation de friction dynamique pour les échantillons recouverts de peu de paraffine (0.15 mg/cm²) suggère qu'une très grande partie de la paraffine ait été délogée.
- ❑ À une concentration plus élevée en paraffine (0.29 mg/cm²) le nettoyage réduit la friction et l'indice de rugosité, en accord avec l'élimination d'une partie de la paraffine.

Brossage agressif à la machine

La machine utilisée est une polisseuse munie d'un tampon noir de 43 cm de diamètre et tournant à 175 rpm. Le montage expérimental est illustré à la **Figure 2** (*section Variables de l'étude : Nettoyage à la machine*). Le nettoyage se fait avec une solution de lavage contenant 10% de nettoyant dans l'eau et la procédure est très simple :

1. Saturer le tampon noir de solution de lavage.
2. Vaporiser la solution de lavage sur la zone à nettoyer.
3. Régler la polisseuse à 175 rpm et effectuer un aller-retour.
4. Enlever les échantillons du montage, les rincer à l'eau claire et les laisser sécher au moins 18 heures.
5. Caractériser les échantillons en terme de masse, réflectivité et friction.

Le **Tableau 34** résume les résultats obtenus lors du brossage agressif à la machine. Tous les lavages sont effectués à une dilution de 10% de **DG** dans l'eau à la température de la pièce.

Tableau 34 : Sommaire des résultats du nettoyage à la machine (tampon noir, 175 rpm) des tuiles de vinyle recouvertes de paraffine.

Paraffine (mg/cm ²)	Perte de masse (mg/cm ²)	Réflectivité		μ_k		IR	
		Ini	Δ	Ini	$\Delta\%$	Ini	$\Delta\%$
0	0.61	70	-8	0.24	+6	1.1	+63
0.15	0.61	89	-25	0.13	+22	1.5	+18
0.28	0.58	86	-22	0.20	-22	4.0	-62

En absence de paraffine, le nettoyage à la machine avec un tampon noir élimine près 0.61 mg/cm² de vinyle. Cette dégradation rend le vinyle plus mat et plus rugueux tout en augmentant légèrement sa friction dynamique. Il faut tenir compte de cet impact sur le vinyle avant d'interpréter les résultats du nettoyage.

- En présence de paraffine les pertes de masse sont les mêmes indépendamment de la quantité de paraffine au départ et la réflectivité chute au niveau de la réflectivité du vinyle traité en absence de paraffine, ~62 %.
- L'échantillon contenant moins de paraffine voit sa friction et son indice de rugosité augmenter. Il est possible que dans ce cas, la paraffine ait été éliminée en grande partie.
- Le nettoyage de la tuile contenant le plus de paraffine conduit à une perte de masse plus importante que la masse de paraffine et pourtant, la friction dynamique et l'indice de rugosité chutent, en accord avec une réduction de la quantité de paraffine mais pas une élimination totale.

L'entretien quotidien avec un tampon noir éliminerait 1 mm de vinyle par année, soit près de 30% d'une tuile commerciale de 3 mm. Les tuiles subissant ce type de traitement devraient être plus résistantes que celles que nous avons utilisées pour cette étude.

Impact de la paraffine dans un département de pathologie

Les travailleurs des laboratoires de pathologie sont exposés à des planchers dont la concentration de surface en paraffine augmente du matin au soir. Ces travailleurs transportent aussi la paraffine dans les corridors attenants aux laboratoires. À la fin d'un quart de travail, la concentration de paraffine est maximale sur les planchers du laboratoire et elle devrait diminuer en s'éloignant du laboratoire.

Dans le cadre d'une étude terrain, la friction des planchers d'un département de pathologie a été investiguée. Les valeurs sont comparées à un plancher de vinyle du même établissement mais sur un étage différent du département de pathologie. Cette zone référence se situe devant un ascenseur de sorte que le fini, appliqué depuis plus d'une année, peut être considéré comme usé. La différence entre les planchers du département de pathologie et la référence est rapportée au **Tableau 35** et elle peut être attribuée à la présence de paraffine.

Tableau 35 : Impact de l'accumulation de la paraffine sur les planchers de vinyle à l'intérieur du département de pathologie d'un Centre Hospitalier. Le plancher référence est un vinyle recouvert d'un fini usé avec $\mu_k = 0.22$ et IR = 1.8.

Description des zones	$\Delta \mu_k$ (%)	ΔIR (%)
À l'entrée du département, soit ~20 m de l'entrée du laboratoire. Circulation normale.	-16	-7
À l'entrée du laboratoire, côté extérieur. Circulation normale.	-33	-5
Dans le laboratoire. Circulation normale	-35	+44
Sous une table du laboratoire. Aucune circulation.	-40	-15

- La friction des planchers à 20 m de l'entrée du laboratoire de pathologie est 20% inférieure à celle de planchers situés à l'extérieur du département et cet écart va jusqu'à 33% lorsqu'on s'approche de l'entrée du laboratoire de pathologie.
- Dans le laboratoire, la paraffine qui tombe sur le plancher des zones passantes est continuellement piétinée et elle génère une rugosité artificielle qui ne disparaît pas avec un simple balayage. On observe en effet une augmentation de l'indice de rugosité de cette zone par rapport aux autres planchers de vinyle du même établissement. La friction demeure similaire à celle du plancher juste à l'extérieur du laboratoire malgré une concentration de paraffine plus importante.
- Dans la zone peu passante, la paraffine se balaye facilement laissant un plancher dont la friction et l'indice de rugosité sont à leur minimum.

Ces analyses terrain confirment les résultats de laboratoire voulant que l'accumulation de particules solides de paraffine augmente artificiellement la rugosité et la friction des planchers. Les zones exposées à des concentrations plus faibles de paraffine semblent présenter une moins bonne résistance au glissement.

Bilan du broissage de la paraffine

Le nettoyage réussit à éliminer une partie de la paraffine en excès sur les planchers conduisant à une réduction de l'indice de rugosité et du coefficient de friction dynamique. La **Figure 24** indique que la perte de rugosité est directement corrélée avec la perte de friction dynamique.

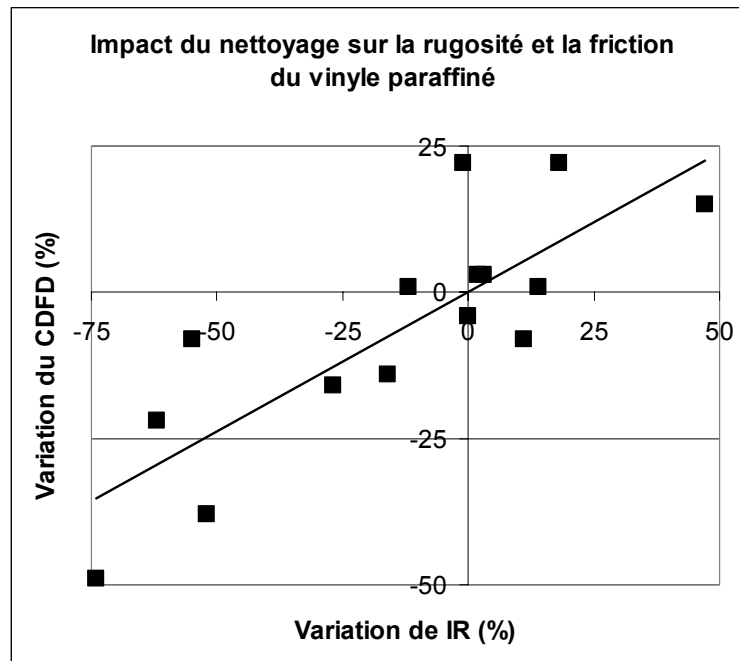


Figure 24 : Corrélation entre l'impact du nettoyage sur la friction dynamique, μ_k , et l'impact sur l'indice de rugosité, IR, lors du nettoyage du vinyle recouvert de paraffine.

Les efforts déployés pour identifier une approche efficace pour le nettoyage de la paraffine nous apprennent que :

- ❑ L'accumulation de paraffine sur les planchers génère une rugosité artificielle qui semble augmenter la résistance au glissement.
- ❑ Le nettoyage permet d'enlever la paraffine en excès de la saturation du plancher conduisant à une réduction de l'indice de rugosité et, par le fait même, une réduction de la friction dynamique.
- ❑ Il suffit de peu de paraffine pour saturer les planchers et cette quantité est difficile à déloger, du moins avec les méthodes de nettoyage testées dans cette étude.
- ❑ À ce stade-ci, nous ne pouvons proposer une procédure de nettoyage qui assure l'élimination de la paraffine et la restauration de la résistance au glissement des planchers.

INTERVENTIONS TERRAINS

Les études systématiques réalisées en laboratoire tentent de reproduire le plus fidèlement possible les conditions rencontrées dans la réalité quotidienne des travailleurs. Malgré l'importance de ce type d'études, il demeure que certains paramètres sont parfois très difficile à simuler en laboratoire.

C'est le cas de l'usure due à la circulation et au vieillissement des revêtements de sol. Après plusieurs années de circulation et d'entretien, il est normal que la structure d'un revêtement diffère de celle qu'elle avait lors de son installation. Or, tous les tests réalisés en laboratoire sont réalisés sur des revêtements neufs qui n'ont pas subi les affres du temps.

La méthode de tirée horizontale a été adaptée pour une série de tests visant à évaluer l'impact de l'usure due à la circulation sur différents types de revêtements de sol d'un centre hospitalier. Cette étude est réalisée dans la philosophie de l'approche comparative de la friction, i.e. que la friction déterminée à un endroit où le revêtement est usé est comparée à la friction déterminée à un endroit où le revêtement est intact.

Pour les besoins de l'étude, nous avons supposé qu'un endroit isolé, par exemple à proximité d'un mur, correspond à un revêtement intact alors qu'un endroit passant, par exemple au centre d'un corridor, correspond à un revêtement usé.

À titre d'exemple, l'impact de l'usure due à la circulation sur la friction dynamique du revêtement d'une zone correspond à :

$$\Delta \mu_k (\%) = 100 \cdot (\mu_k \text{ usé} - \mu_k \text{ intact}) / \mu_k \text{ intact}$$

Ces données ont aussi été utilisées pour comparer la friction des différents types de revêtements à un revêtement référence. Dans ce cas, on compare les revêtements dans le même état d'usure.

$$\Delta \mu_k (\%) = 100 \cdot (\mu_k \text{ revêtement} - \mu_k \text{ référence}) / \mu_k \text{ référence}$$

Finalement, on a évalué l'évolution dans le temps de la résistance au glissement d'un revêtement de vinyle fraîchement recouvert d'un fini basse vitesse. Cette partie de l'étude terrain a été réalisée dans un autre établissement et les résultats sont présentés dans une section à part.

Description des zones investiguées

Le **Tableau 36** donne une brève description de la nature des revêtements investigués. Certains revêtements sont installés depuis très longtemps alors que d'autres sont très récents. Par exemple, les tuiles de vinyle de 23 cm sont possiblement des « tuiles d'asphalte » et elles ont plusieurs décennies d'usure physique et chimique. Les tuiles de vinyle de 30 cm ont été installées depuis une dizaine d'années. Le vieux terrazzo date possiblement de la construction de l'immeuble alors que le nouveau terrazzo est apparu suite à des rénovations au cours des dix dernières années. Le vieux terrazzo semble plus riche en cailloux. Le béton peint, le préclart et la porcelaine ont quelques années d'âge.

Tableau 36 : Description sommaire des zones terrains investiguées.

Zone	Plancher	Lieu	Description
1	Vinyle Fini UHV	Corridor	Tuiles vinyliques de 23 cm dans une aile fermée. La circulation est minimale. La zone isolée est sous un siège mural.
6	Vinyle Fini UHV	Chambre	Tuile vinyliques de 23 cm dans une aile fermée. La circulation est minimale. La zone isolée est près du mur.
7	Terrazzo Sans fini	Salle d'eau	Vieux terrazzo sans fini apparent. La zone isolée est sous le lavabo.
3	Vinyle Fini UHV	Corridor	Tuiles vinyliques de 30 cm face aux ascenseurs. La zone isolée est sous une table dans une aire d'attente en retrait.
21	Béton Peinture	Corridor	Béton recouvert d'une peinture "époxy". La zone isolée est près du mur.
8 et 22	Terrazzo Fini UHV	Entrée	Nouveau terrazzo face aux ascenseurs près d'une entrée. La zone isolée est près du mur. On a aussi testé une zone qui venait de passer l'hiver sous un tapis (22).
10 et 11	Travertin Vitrifié	Entrée	Entrée de travertin vitrifié depuis une année. La zone isolée est près du mur. Le même plancher usé mais jamais vitrifié a aussi été testé à l'intérieur d'une boutique (11) adjacente à l'entrée.
15	Préclart Fini UHV	Cuisinette	Préclart pour application médicale. La zone isolée se situe sous une tablette murale.
23	Porcelaine	Petit passage	Carreaux de porcelaine de 15 cm installés depuis 1½ an. La zone isolée se situe près du mur derrière la porte.
18	Grès Traité à l'acide	Laverie	Carreaux de grès de 15 cm traités à l'acide il y a 1 an. La zone isolée se situe près du mur derrière la courroie.
24	Vinyle Fini BV	Corridor	Tuile vinylique de 30 cm avant et après l'application d'un fini basse vitesse. Le corridor est peu passant et le plancher n'a pas été nettoyé pendant la durée de l'étude.

L'entretien semble homogène à travers l'institution et il est brièvement décrit au **Tableau 37**. Les tuiles de vinyle, le préclart et le nouveau terrazzo sont tous recouverts du même fini acrylique. Les corridors sont nettoyés à la machine et les autres zones le sont à la moppe. La porcelaine, le grès traité, le travertin et le béton peint n'ont pas de fini additionnel et ils sont entretenus à la machine ou à la moppe selon qu'ils font partie d'un corridor ou non.

Tableau 37 : Description sommaire de l'entretien des planchers du centre hospitalier visité pour l'étude terrain.

Entretien	Description
Fini	Fini acrylique UHV. La dernière application remonte à au moins une année dans toutes les zones testées.
Entreteneur	Recommandé par le fabricant du fini. Polissage à 350 rpm. Brunissage à 2000 rpm. La fréquence de ces opérations est laissée à la discrétion du personnel.
Entretien à la moppe	Avec moppe de fibre synthétique avec un nettoyant cationique mélangé à l'eau tiède à l'aide d'un doseur.
Entretien à la machine	Avec une auto-récureuse munie d'un tampon vert. La pression sur le tampon est de 0.25 psi.

Comparaison des revêtements de sol

Le revêtement de référence est le vinyle recouvert d'un fini ultra-haute vitesse. Deux valeurs de référence sont utilisées. La première, correspondant au revêtement intact, est déterminée aux endroits isolés des zones 1 (corridor) et 6 (chambre). La deuxième, correspondant à un revêtement usé, est déterminée sur un endroit passant de la zone 3 (devant un ascenseur).

Le **Tableau 38** compare la zone isolée des différents revêtements à celle de la référence intacte alors que le **Tableau 39** compare la zone passante des mêmes revêtements à la référence usée par la circulation. Dans chaque tableau, les revêtements sont classés par ordre décroissant de la différence de friction dynamique avec la référence.

Tableau 38 : Pourcentage d'écart de la friction dynamique, μ_k , et de l'indice de rugosité, IR, des revêtements intacts par rapport à la référence intacte. Le revêtement de référence est un vinyle recouvert d'un fini UHV intact (zone 1 et 6) avec $\mu_k = 0.272$ et IR = 2.1.

PLANCHERS INTACTS	$\Delta \mu_k$ (%)	ΔIR (%)
Porcelaine	+46	+164
Travertin Vitriifié	+7	-7
Terrazzo Fini	0	+41
Terrazzo	-2	-9
Béton Peint	-8	+2
Préclart Fini	-30	-16

Tableau 39 : Pourcentage d'écart de la friction dynamique, μ_k , et de l'indice de rugosité, **IR**, des revêtements usés par rapport à la référence usée. Le revêtement de référence est un vinyle recouvert d'un fini UHV usé (zone 3) avec $\mu_k = 0.216$ et **IR** = 1.8.

PLANCHERS USÉS	$\Delta \mu_k$ (%)	ΔIR (%)
Terrazzo	+8	+48
Terrazzo Fini	+8	+16
Porcelaine	+4	-25
Béton Peint	-1	+15
Prélart Fini	-2	-22
Travertin Vitrifié	-12	0
Travertin	-13	+16

Cet exercice utilise l'approche comparative de la friction pour comparer la résistance au glissement de plusieurs types de revêtements utilisés dans une institution. Ces comparaisons sont valides pour les zones évaluées et pour les conditions spécifiques à l'établissement visité. Rappelons que pour être significatif, un écart doit être >7% pour le μ_k et >30% pour l'indice de rugosité, **IR**.

- ❑ **Porcelaine** : Lorsqu'il est intact, le revêtement de porcelaine montre une friction dynamique et un indice de rugosité significativement supérieurs à ceux du vinyle recouvert d'un fini UHV. Une fois usé, ce revêtement montre une friction dynamique similaire à celle du vinyle recouvert d'un fini UHV usé alors que son indice de rugosité devient plus faible. Il semble que la bonne résistance au glissement de la porcelaine diminue irréversiblement au même niveau que celle du vinyle recouvert d'un fini UHV usé.
- ❑ **Travertin vitrifié** : Intact, le travertin vitrifié montre une friction dynamique et un indice de rugosité similaires à la référence de vinyle recouvert de fini UHV. Après une année d'usure, sa friction dynamique devient significativement inférieures à celle de la référence usée. La vitrification est un procédé complexe qui génère une surface ayant une bonne résistance au glissement mais qui semble se dégrader rapidement, du moins sur le travertin soumis à une circulation lourde. Les étapes de polissage pourraient expliquer pourquoi l'indice de rugosité du travertin vitrifié et usé est plus faible que celui du travertin usé qui n'a pas subi l'étape de la vitrification.
- ❑ **Travertin non-vitrifié** : Lorsqu'il est usé, le travertin non-vitrifié possède un indice de rugosité légèrement supérieur au travertin vitrifié usé. La friction dynamique est essentiellement la même pour le travertin usé, qu'il ait ou non été vitrifié.

- ❑ **Nouveau terrazzo fini** : Lorsqu'il est intact, la friction dynamique de ce revêtement est similaire à celle de la référence. Par contre son indice de rugosité est plus élevé. Une fois le fini usé, la friction dynamique et l'indice de rugosité du nouveau terrazzo se comparent avec ceux du vinyle recouvert d'un fini UHV usé. La résistance au glissement d'un terrazzo recouvert d'un fini semble être limitée par la résistance au glissement du fini.
- ❑ **Vieux terrazzo sans fini** : La friction dynamique et l'indice de rugosité de ce revêtement intact sont très rapprochés de la référence de vinyle recouvert de fini UHV. Une fois usé, ce revêtement a une friction dynamique similaire à la référence tout en maintenant un indice de rugosité significativement plus élevé.
- ❑ **Béton recouvert d'une peinture époxy** : Une fois usé, l'indice de rugosité de ce revêtement demeure plus élevé que celui de la référence usée alors que la friction dynamique est essentiellement la même.
- ❑ **Préart** : Lorsque le fini UHV de ce revêtement est intact, la friction dynamique est significativement inférieure à celle du vinyle recouvert du même fini intact. Une fois le fini UHV usé, ce revêtement montre une friction dynamique et un indice de rugosité semblable à ceux du vinyle recouvert du même fini usé.

Impact de l'usure due à la circulation

La friction du revêtement usé a été comparée à celle du même revêtement intact afin d'évaluer l'impact de l'usure due à la circulation. Ces résultats sont présentés aux **Tableaux 40 et 41** pour la friction dynamique et l'indice de rugosité, respectivement. Les différentes zones sont classées par ordre décroissant de l'écart relatif à la zone isolée.

Tableau 40 : Impact de l'usure due à la circulation sur la friction dynamique des planchers d'un centre hospitalier.

Zone	Description	μ_k isolé	$\Delta\mu_k$ (%)
15	Prélat recouvert d'un fini UHV devant l'évier d'une cuisinette. Circulation normale	0.192	+10
1	Vinyle recouvert d'un fini UHV dans le corridor d'une aile fermée. Circulation très légère.	0.295	-11
8	Nouveau terrazzo recouvert d'un fini UHV devant un ascenseur. Circulation lourde.	0.271	-14
21	Béton peint dans un corridor avec circulation normale.	0.250	-14
7	Vieux terrazzo sans fini dans une aile fermée. Circulation très légère.	0.277	-15
6	Chambre fermée. Circulation très légère.	0.249	-22
22	Nouveau terrazzo recouvert de fini UHV ayant passé l'hiver sous le tapis à l'entrée de l'édifice (enlevé depuis moins d'une semaine).	0.271	-24
3	Vinyle recouvert d'un fini UHV devant un ascenseur. Circulation lourde.	0.319	-32
18	Grès traité à l'acide depuis une année. Humidité et circulation lourde. Deux zones passantes.	0.271	-32 -25
10	Travertin vitrifié à l'entrée de l'édifice. Circulation lourde.	0.291	-34
23	Porcelaine de 1½ an à l'entrée d'un local. Circulation légère.	0.398	-43

- ❑ L'usure due à la circulation réduit significativement la friction dynamique sur tous les revêtements sauf le prélat recouvert d'un fini dont le μ_k augmente légèrement. La réduction de la friction dynamique est moins prononcée pour le prélat et le vinyle, recouverts tous les deux d'un fini UHV, et plus prononcée pour le travertin vitrifié et la porcelaine.
- ❑ Malgré la quasi absence de circulation dans le corridor et la chambre de l'aile fermée, la friction des zones passantes est systématiquement inférieure à celle des zones isolées. Ceci pourrait être attribuable à une modification de la structure des tuiles de vinyle au cours des décennies de circulation. L'abaissement de l'indice de rugosité corrobore cette hypothèse.

Tableau 41 : Impact de l'usure due à la circulation sur l'indice de rugosité des planchers d'un centre hospitalier.

Zone	Description	IR isolé	ΔIR (%)
7	Vieux terrazzo sans fini dans une aile fermée. Circulation très légère.	2.0	+38
21	Béton peint dans un corridor avec circulation normale.	2.1	-1
10	Travertin vitrifié à l'entrée de l'édifice. Circulation lourde.	1.9	-6
1	Vinyle recouvert d'un fini UHV dans le corridor d'une aile fermée. Circulation très légère.	1.8	-12
15	Préart recouvert d'un fini UHV devant l'évier d'une cuisinette. Circulation normale	1.8	-19
8	Nouveau terrazzo recouvert d'un fini UHV devant un ascenseur. Circulation lourde.	3.0	-28
18	Grès traité à l'acide depuis une année. Humidité et circulation lourde. Deux zones passantes.	1.6	-28 -20
6	Chambre fermée. Circulation très légère.	2.3	-29
22	Nouveau terrazzo recouvert de fini UHV ayant passé l'hiver sous le tapis à l'entrée de l'édifice (enlevé depuis moins d'une semaine).	3.0	-42
3	Vinyle recouvert d'un fini UHV devant un ascenseur. Circulation lourde.	4.4	-58
23	Porcelaine de 1½ an à l'entrée d'un local. Circulation légère.	5.5	-75

- ❑ L'usure due à la circulation augmente l'indice de rugosité du terrazzo sans fini alors qu'elle réduit celle des autres revêtements. Le revêtement le plus affecté est une porcelaine, en accord avec une baisse substantielle de la friction dynamique.
- ❑ La diminution de l'indice de rugosité est plus importante pour les revêtements dont la rugosité initiale est élevée. Par exemple, les revêtements ayant un indice de rugosité initial entre 1.6 et 2.3 perdent de 1 à 29 % avec l'usure. Ceux ayant un indice de rugosité initial de 3.0 à 5.5 perdent entre 28 et 75 % de leur rugosité.

Évolution temporelle de la friction suite à l'application d'un fini

L'entretien des planchers implique le décapage et l'application régulière de fini acrylique. Une fois appliqué, le fini acrylique se forme par évaporation de l'eau et des autres volatiles et le temps de séchage peut varier selon la température et l'humidité de la pièce. Cette section vise à évaluer comment la friction des planchers fraîchement « cirés » évolue dans le temps.

Trois couches du fini basse vitesse, BV2, ont été appliquées dans un corridor où la circulation est faible. Les tuiles vinyliques ont approximativement 9 années d'usure et elles n'ont subi qu'un léger décapage avant l'application du fini.

À notre demande, ce corridor n'a pas été lavé pendant les 24 jours qu'ont duré l'analyse des paramètres de friction à l'aide du montage expérimental terrain. On ne peut donc pas attribuer l'évolution de la friction sur cette zone à un effet de l'entretien.

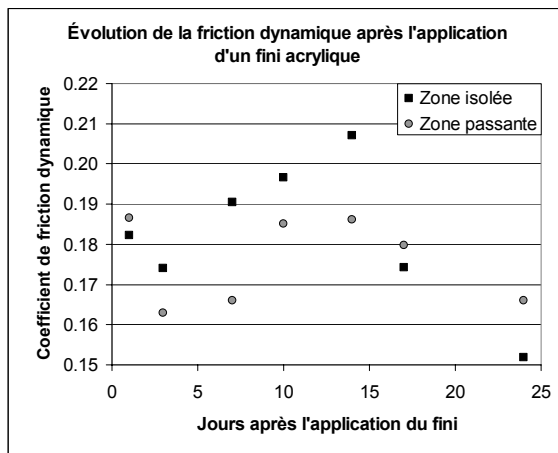
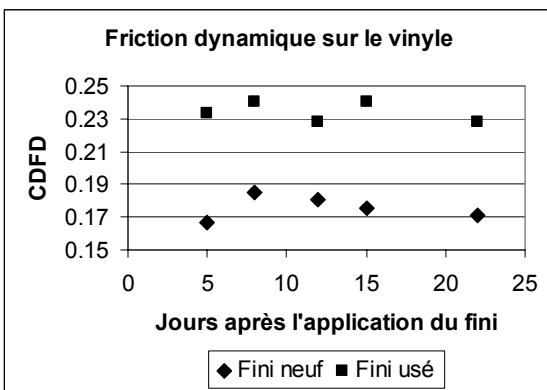


Figure 25 : Évolution dans le temps de la friction dynamique d'une zone isolée et d'une zone passante d'un plancher de vinyle fraîchement recouvert d'un fini acrylique basse vitesse.



La **Figure 25** montre la friction dynamique suite à l'application d'un fini acrylique sur un plancher de vinyle. Avant l'application, $\mu_k=0.208$ et 0.220 pour les zones isolée et passante respectivement. La friction dynamique de ces zones semble passer par un minimum dans la première semaine après l'application et par un maximum lors de la deuxième semaine pour finalement diminuer à des valeurs inférieures de 25% aux valeurs avant l'application du fini.

Cet abaissement de la friction sur le plancher recouvert de fini a été confirmée par l'analyse de la friction de deux zones passantes et adjacentes, l'une fraîchement finie et l'autre pas. La **Figure 26** montre que la friction dynamique de la zone nouvellement finie demeure de 25 à 40 % plus basse que celle de la zone ayant un fini usé.

Figure 26 : Évolution dans le temps de l'impact de l'application d'un fini basse vitesse sur la friction dynamique, μ_k , du vinyle. L'impact est relatif à une zone adjacente non finie.

CONCLUSIONS

La recherche expérimentale réalisée dans le cadre de cette activité a permis de mettre en évidence des effets, parfois surprenants, de l'entretien des planchers de vinyle, de grès et de céramique, recouverts ou non d'un bouche pore ou d'un fini acrylique. Les observations, rapportées ci-dessous, permettent d'émettre des recommandations visant à maintenir la résistance au glissement des planchers.

- L'approche comparative de la friction s'est avérée efficace pour identifier l'impact de diverses interventions sur la résistance au glissement. L'approche comparative a l'avantage d'être peu sensible à la configuration du chariot pour la tirée horizontale.
- L'étude suggère que l'application d'un bouche pore ou d'un fini basse vitesse ou ultra-haute vitesse n'ait pas d'impact négatif et parfois même un impact positif sur la résistance au glissement du revêtement de vinyle utilisé dans cette activité.
- L'usure physique a peu d'impact sur la résistance au glissement du bouche pore alors qu'elle réduit celle des finis basse et ultra-haute vitesse, en accord avec les résultats de l'étude terrain qui montre que les zones usées par la circulation ont une friction plus petite que les zones isolées.
- Il semble que la résistance au glissement du grès neuf est réduite à la valeur correspondant au bouche pore ou au fini qui y est appliqué.
- L'analyse de l'ensemble des données obtenues pour les finis acryliques sur le vinyle indique qu'il n'y a pas de corrélation entre le lustre d'un revêtement et la résistance au glissement. Cette observation est valide pour les tests en laboratoire où les échantillons n'ont été ni polis (spray buff) ni brunis (burnished). Ces opérations pourraient avoir un impact sur la résistance au glissement mais, à ce stade-ci, elles n'ont pas été évaluées.

❑ **Impact de l'entretien quotidien sur la résistance au glissement des revêtements.**

- Pendant l'activité, deux finis appartenant à la même catégorie ont été testés avec des résultats significativement différents, suggérant que les produits appartenant à une même catégorie ne se comportent pas nécessairement de la même façon. À ce stade-ci, les observations ne peuvent être généralisées à d'autres produits que ceux utilisés pendant l'étude.
- L'entretien à la moppe dégrade peu les finis à planchers sauf lorsqu'un nettoyant agressif comme les cationiques alcalins et les dégraisseurs à base de glycol sont utilisés.
- De façon générale, l'entretien à la moppe maintient ou améliore la résistance au glissement lorsqu'un nettoyant de type **NA** ou **NN** est utilisé.
- Il a été observé que l'entretien quotidien à la moppe, sans nettoyants à plancher (à l'eau), a un impact négatif sur la résistance au glissement des planchers recouverts du bouche pore et du fini basse vitesse.

- L'entretien à la machine détériore plus les revêtements que l'entretien à la moppe et la dégradation dépend peu du nettoyant utilisé, suggérant que le tampon rouge soit trop agressif comparé aux nettoyants neutres de cette étude. Ainsi, l'utilisation d'un nettoyant doux ne garantis pas une dégradation moindre des finis à plancher. Il faut aussi ajuster l'agressivité du tampon.
- En plus de détériorer le fini des planchers, l'entretien à la machine tend à réduire la résistance au glissement, particulièrement dans le cas des revêtements recouvert du bouche pore et des céramiques.
- Le fini ultra-haute vitesse se dégrade moins que le fini basse vitesse, autant pour l'entretien à la moppe que pour l'entretien à la machine avec peu d'impact sur sa résistance au glissement.

□ **Entretien optimal des planchers recouverts de paraffine.**

- Le piétinement de la paraffine qui s'accumule sur les planchers génère une rugosité artificielle qui contribue à augmenter la résistance au glissement. Toutefois, la paraffine qui est transportée à l'extérieur du laboratoire par les souliers contribue à réduire significativement la résistance au glissement des corridors entourant le laboratoire.
- Les tests réalisés en laboratoire montrent qu'il est possible d'éliminer une quantité appréciable de paraffine mais que la quantité restante est suffisante pour réduire significativement la résistance au glissement. Le nettoyage optimal de la paraffine requiert donc un effort de recherche plus important pour identifier une solution acceptable.

□ **Évaluation de la résistance au glissement sur le terrain.**

- L'étude terrain a permis de comparer la résistance au glissement de différents types de revêtements selon qu'ils étaient intacts ou usés par la circulation. Il s'avère que certains revêtements ont une résistance au glissement très élevée lors de leur installation mais que celle-ci diminue drastiquement, et parfois irréversiblement, avec l'usure. Il est donc important de tenir compte non seulement des performances initiales mais de la détérioration des performances d'un revêtement, en particulier s'il est installé pour plusieurs années ou dans une zone de circulation élevée.
- Il ressort de cette étude que l'ensemble des revêtements usés ont une résistance au glissement similaire ou inférieure à celle mesurée sur le vinyle recouvert d'un fini acrylique.
- De façon générale, l'usure due à la circulation réduit la résistance au glissement des revêtements de sorte que les zones passantes sont plus glissantes. Lorsque possible, la ré-application du fini sur une base régulière semble, à priori, favorable au maintien de la résistance au glissement.

REMERCIEMENTS

Les recherches présentées dans ce rapport ont été financées en totalité par l'Institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail. Nous tenons à remercier plus spécifiquement madame Caroline Bouchard de CHUM, monsieur Louis Bousquet de l'IRSST et monsieur Jean-Pierre Jobin de la CSST-DRIM3, pour leur implication et leurs suggestions tout au long du projet.

Comme vous l'aurez noté à la lecture de ce document, nous tentons, autant que possible, de ne pas nommer les marques de commerce des produits utilisés et, pour les mêmes raisons, de ne pas nommer les endroits où nous réalisons les études terrain. Sans les nommer, nous tenons à souligner la contribution et la collaboration de plusieurs intervenants au bon déroulement de cette étude.

Merci aux responsables d'hygiène et salubrité du centre hospitalier que nous avons visité pour l'étude terrain. Votre collaboration a été très appréciée.

Merci aussi aux nombreuses personnes avec qui nous avons discuté de la problématique de l'entretien des planchers recouverts de paraffine. Notre seule déception est de ne pouvoir, à ce stade-ci, vous offrir une méthode efficace pour l'entretien de vos locaux.