



Effets des fluides de coupe sur la résistance à la coupure et à la perforation des gants de protection

Ludovic Tuduri, Chantal Gauvin

Phuong Nguyen-Tri, Ennouri Triki, Toan Vu-Khanh

Enjeux de santé et sécurité

Gant protection mécanique



Gant protection chimique

Usure



Temps de service

Confort et dextérité suffisants

Enjeux de santé et sécurité

Indicateurs Lésions acceptées 2013-2015		Ensemble des secteurs	332 - Fabrication de produits métalliques
Nombre cas total (moy. ann.)		90020	2702
Poignet-Main-Doigt (PMD)	Nb cas (moy. ann.)	14605	751
	Prop. relat. (%) total	16,2	27,8
Coupure, lacération, plaie ouverte, piqûre, ...	Nb cas (moy. ann.)	7571	404
	Prop. relat. (%) PMD	51,8	53,8
Dermatite, maladie de la peau, ...	Nb cas (moy. ann.)	187	10
	Prop. relat. (%) PMD	1,3	1,4

Enjeux de santé et sécurité

Fluides de coupe (metal-working fluid):

- Lubrifier, refroidir et protéger le métal lors de l'usinage
- Huiles entières VS huiles aqueuses, composées:
 - D'huiles minérales, animales ou végétales
 - Émulsifiants/tensio-actifs
 - Eau
 - Antimousse, anticorrosion, colorant...
 - Biocide
- Irritations cutanées et respiratoires, dermatoses
- Huiles minérales anciennes et fluides usagés: Cancer



Photo © Dr Crépy MN APHP



Photo © Dr M-B. Cleenewerck

Objectif du projet

Caractériser l'effet des fluides de coupe en laboratoire et en milieu de travail, sur la résistance mécanique des gants de protection

- Mettre en évidence un changement possible du niveau de protection des gants lié à une contamination en laboratoire
- Déterminer les gants de protection appropriés pour des cas particuliers au secteur de l'usinage du métal
- Soumettre ce choix de gants à un programme d'usure en milieu de travail chez les entreprises ciblées

Mise en évidence

ASP Multiprévention

Compagnie A

Compagnie B

3 paires de gants
2 fluides de coupe

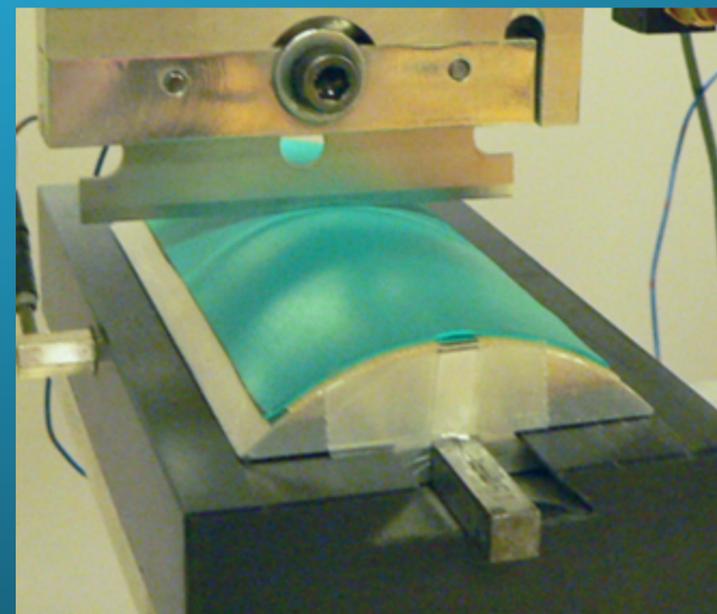
2 paires de gants
1 fluide de coupe

Gants neufs

- t = 0 h
- t = 6 h
- t = 24 h

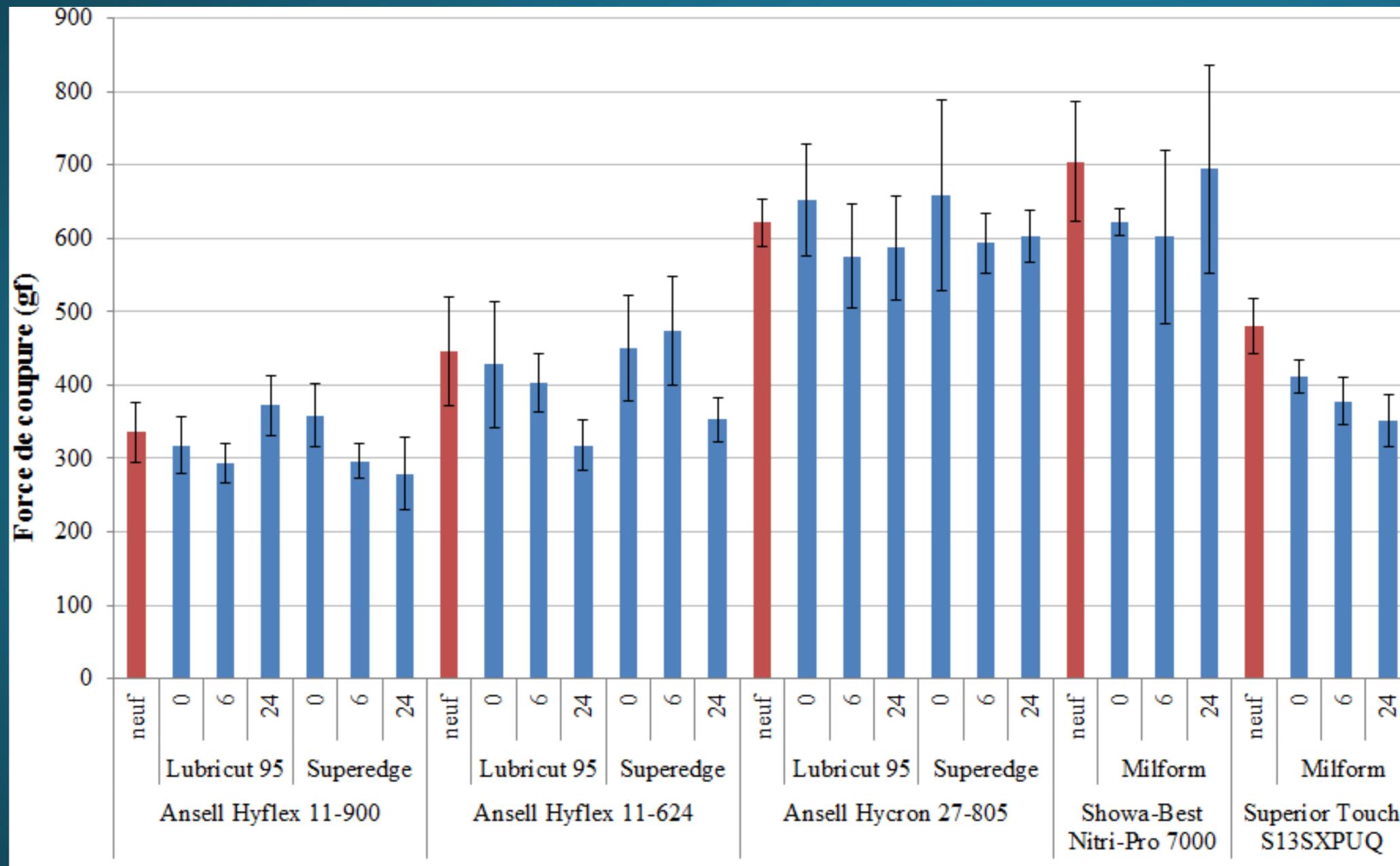


Analyse de variance
+
comparaison multiple Tukey



Analyse de variance
mixte non linéaire

Mise en évidence : Coupure

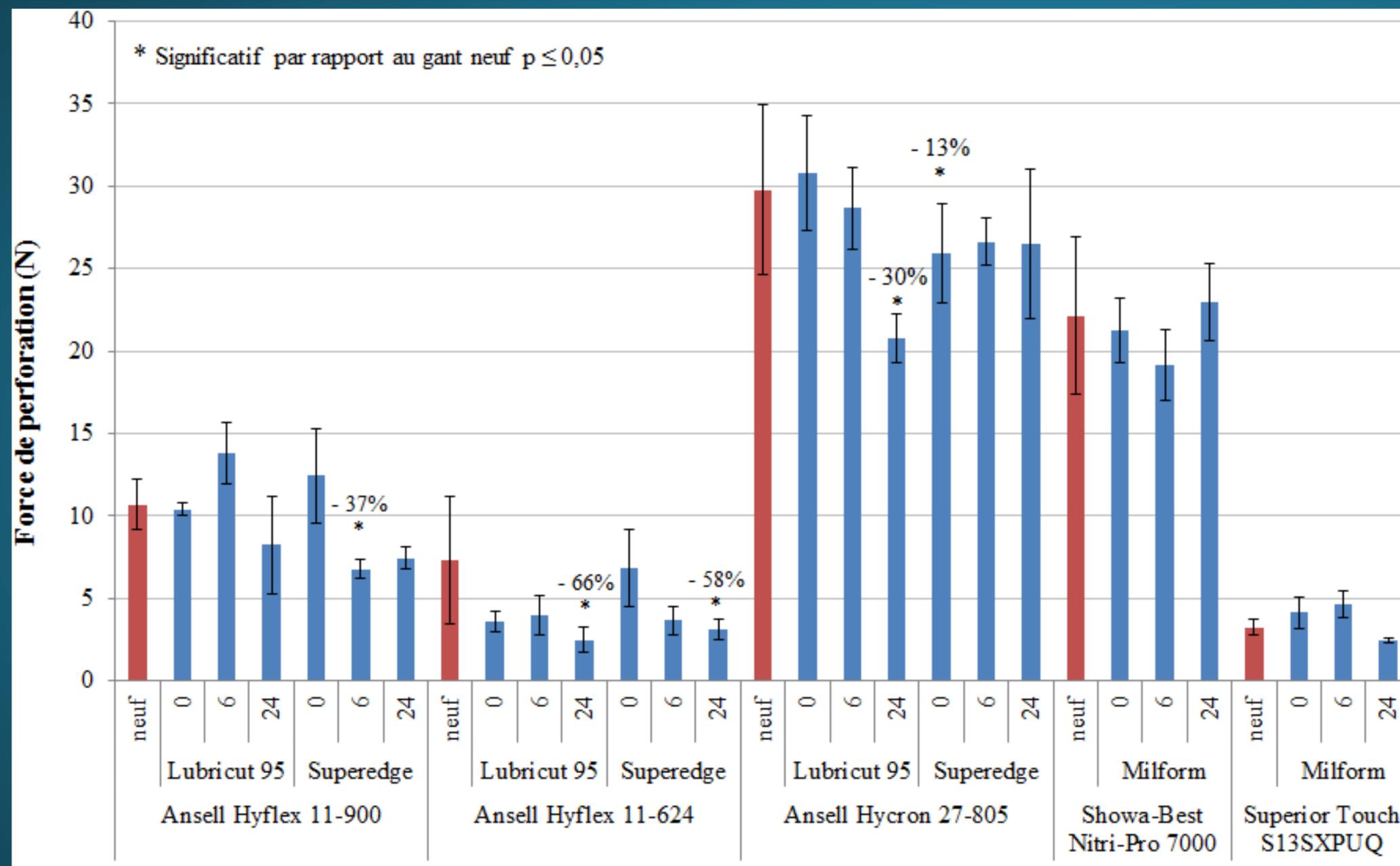


Source de variation	Valeur p
Gant	< 0,001 *
État	0,02 *

- Baisse de résistance:
- 18 cas sur 24
 - -1 % à -29 %
 - forte variabilité

Les fluides de coupe modifient la résistance à la coupure (p=0,02) ↘ ↘

Mise en évidence : Perforation



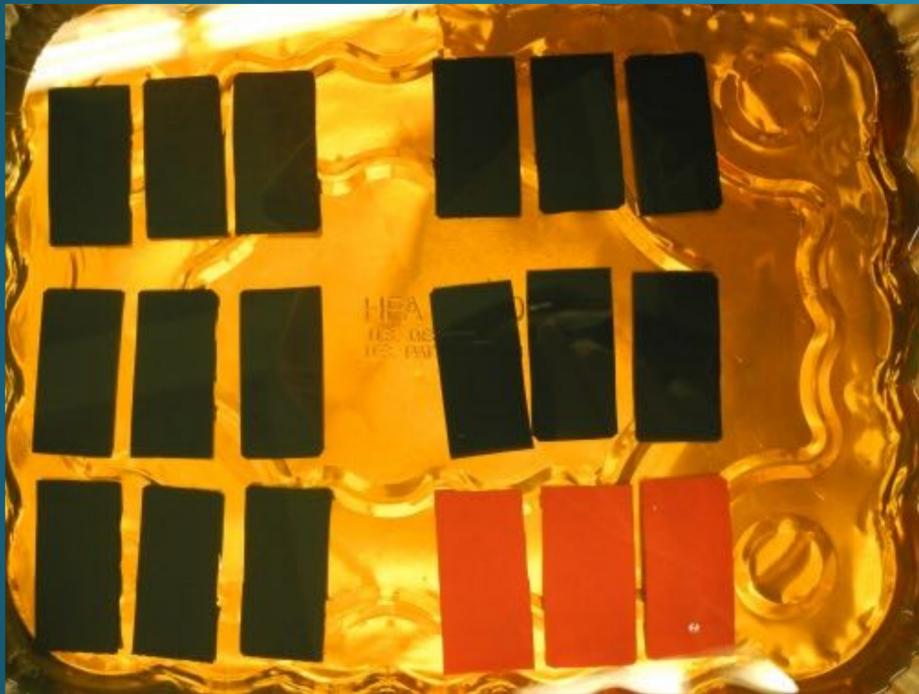
Source de variation	Valeur p
Gant	< 0,001 *
État	< 0,001 *
Gant*État	< 0,001 *

- Baisse de résistance:
- 18 cas sur 24
 - 5 significatifs
 - - 3 % à -66 %

Les fluides de coupe modifient la résistance à la perforation ($p < 0,001$)

Gants appropriés: Choix du polymère d'enduction

Gonflement en laboratoire



6 membranes:

- Polyurethane (PU), Nitrile, Latex, Butyl, PVC, Neoprène

10 fluides de coupe:

- Huiles des partenaires,
- 4 huiles ASTM, 3 du marché

Caractérisation

Membranes:

- Paramètres de solubilité de Hansen δ_d , δ_p , δ_h

→ ProtecPo

10 fluides de coupe:

- Point aniline
- Viscosité
- Densité
- %C_A, C_P, C_N
- Indice de réfraction
- Constante de réfraction
- Constante de viscosité-gravité (VGC)

Fouille de données

Régression linéaire multiple

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \varepsilon$$

Gonflement en laboratoire

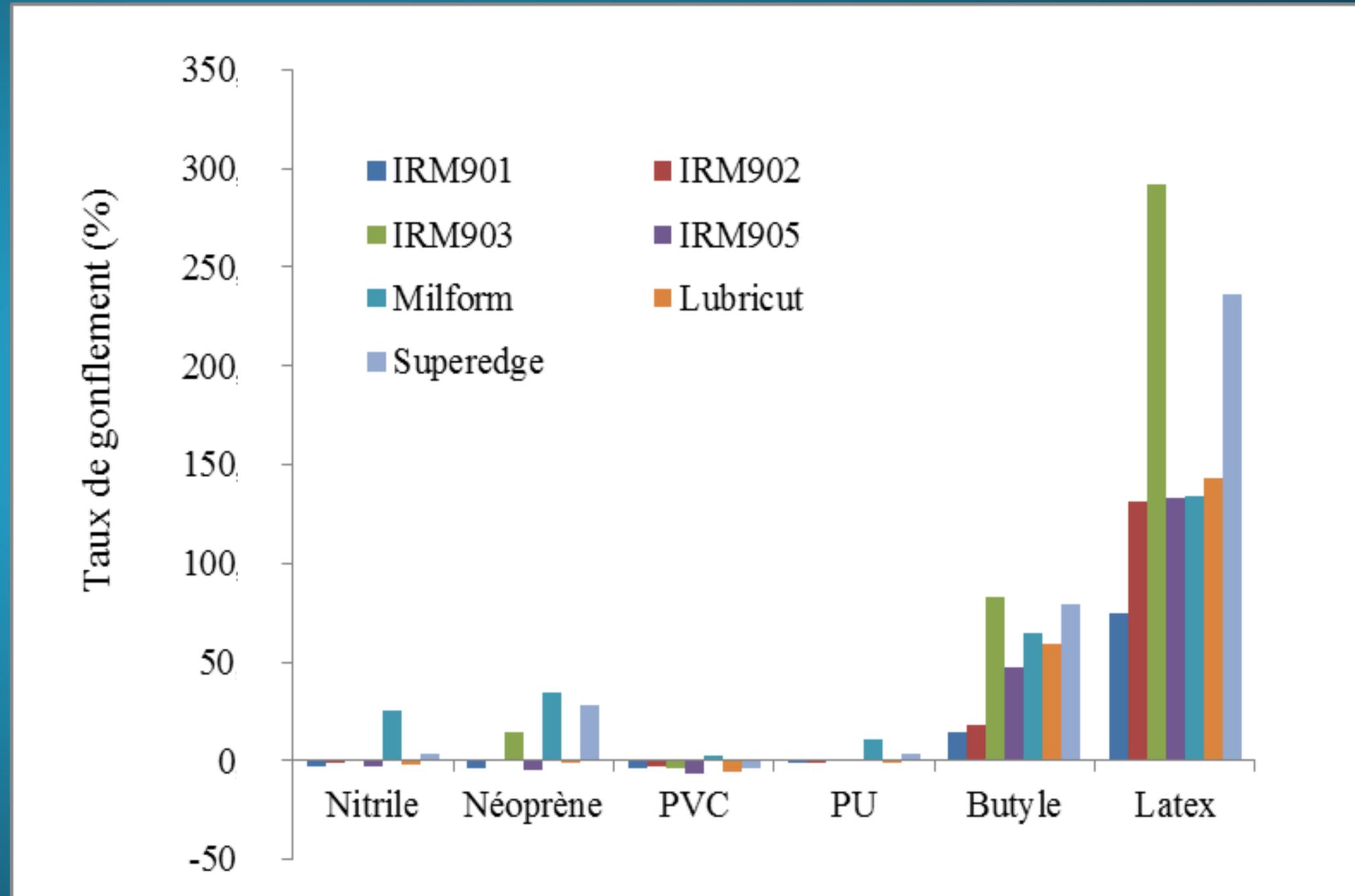
Caractérisation

Gants appropriés: Choix du polymère d'enduction

504 h de gonflement

- Profils identiques à des temps plus courts
- Membranes butyle et latex les moins résistantes
- Gonflement (swelling) et rétrécissement (shrinking) mesurés

Membranes PU et nitrile les plus « inertes »



Gants appropriés : Choix du polymère d'enduction

Régression linéaire multiple:

- Pas de colinéarité entre les variables indépendantes
- Corrélation entre chacune des variables indépendantes et le gonflement
- Variables indépendantes des membranes et des fluides

$$G (\%) = 4,31\delta_d - 1,17\delta_p + 91,25VGC - 144,19$$

($r = 0,86$, $p < 2 \times 10^{-10}$)
($r^2 = 0,74$).
($p < 0,0003$ pour les quatre termes)



Interaction non-polaire

δ_d ↗

G ↗

Interaction dipôle-dipôle

δ_p ↗

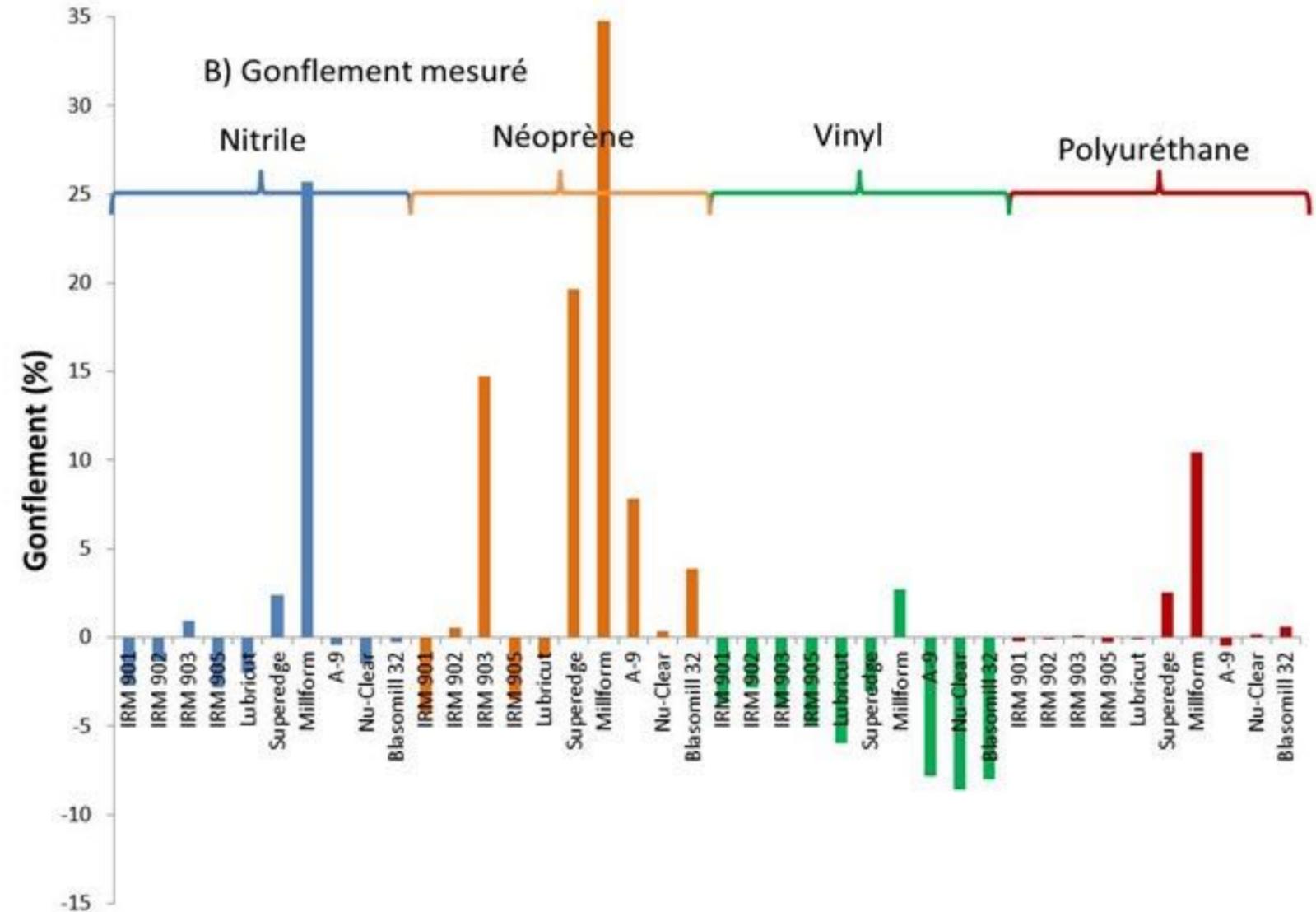
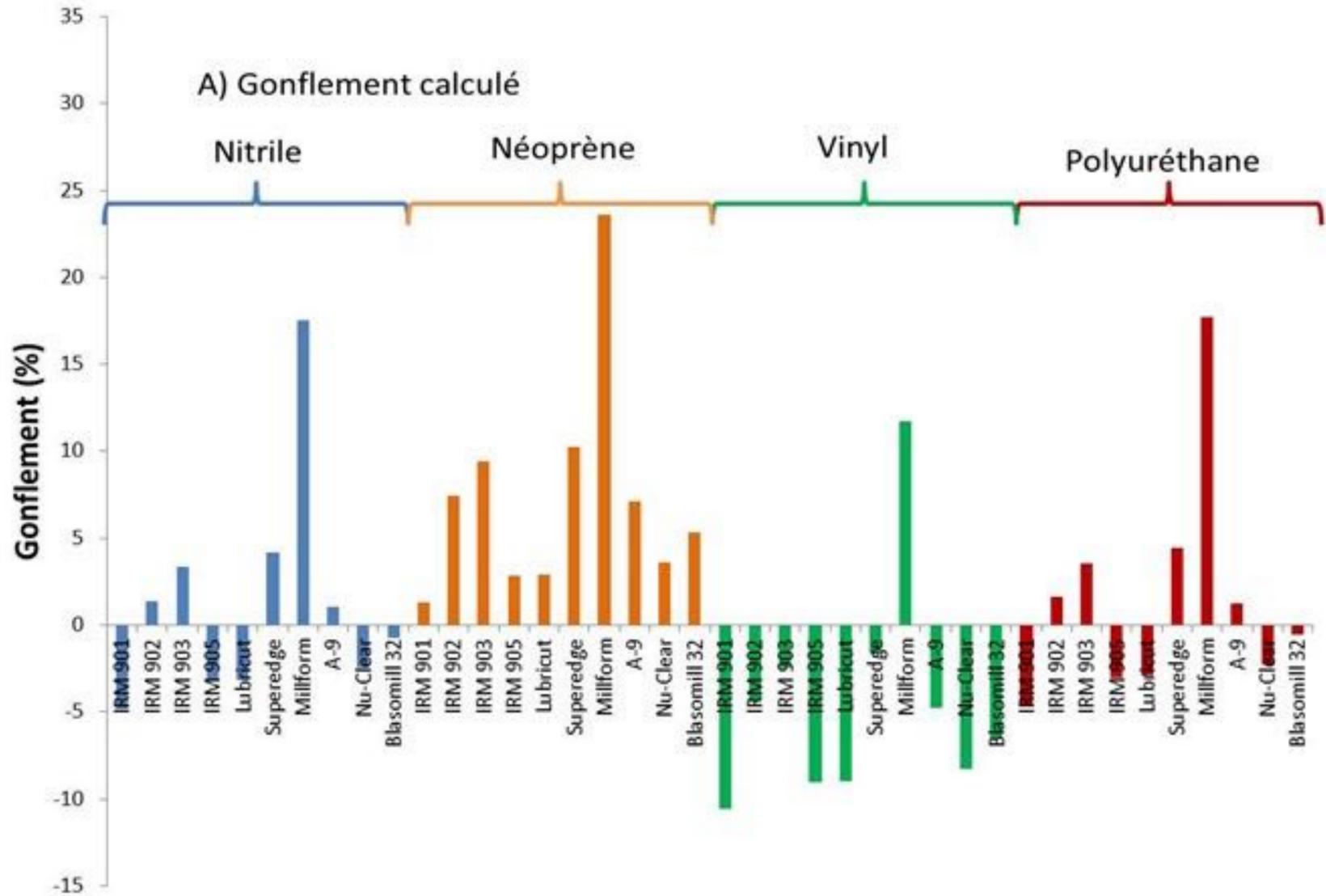
G ↘

Pouvoir solubilisant de l'huile

VGC ↗

G ↗

Gants appropriés : Choix du polymère d'enduction



Gants appropriés : Sélection des gants potentiels

Démarches réalisées

- Sites Web manufacturiers
- Sélection gants tricot enduits

Choix selon les critères

- Applicable pour usinage du métal
- Protection coupure: niveau 2 +
- Protection huiles : enduit nitrile, PU

Résultats

Présélection de 50 gants

- Présentation des modèles de gants aux représentants des entreprises et discussion

- Perception préliminaire du confort, de la dextérité et de l'adhérence
- Connaissance des tâches à accomplir

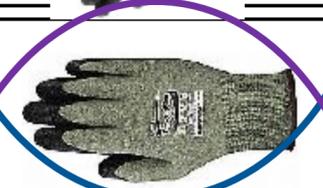
Sélection de 18 gants

- Tests en laboratoire pour résistance à la **coupure** et à la **perforation** des 18 gants (valeurs à **neuf**)

Résistance gants potentiels \geq Résistance gants actuels

Choix de 7 gants

Gants appropriés : Les sélectionnés

Entreprise et secteur	Nouveau modèle de gant	Enduit (E) Tricot/doublure	Image	Coupure [g]	Perfo [N]
A-Screws (opérat)	ATG MaxiChem® Cut™ 56-633	E: Ni + mousse Ni Nylon		1092 (niv 3)	36,3 (niv 3)
A-Screws (ajust)	ATG MaxiDry® 56-426	E: Ni Nylon/Lycra		177 (niv 0)	19,1 (niv 1)
A-Screws (ajust) A-Lignes	Showa-Best Atlas 377	E: Ni + mousse Ni Nylon, Polyester		387 (niv 1)	21,2 (niv 1)
A-Lignes	PIP G-Tek® 19-D655	E: PU Dyneema®, lycra		510 (niv 2)	5,5 (niv 0)
A-Lignes B	Ansell Powerflex 80-813	E: Néoprène Kevlar® composite exclusif de 13 jauge		1114 (niv 3)	6,7 (niv 0)
B	Showa-Best S-TEX 541	E: PU Fibre Hagane Coil™/ Acier inoxydable		1496 (niv 3)	10,3 (niv 1)
B	Superior Emerald CX™ S13CXPU	E: PU Emerald CX®Kevlar®/ Acier inoxydable		1867 (niv 4)	7,9 (niv 0)

Ancien modèle de gant	Coupure [g]	Perfo [N]
Ansell Hycror 27-805 	609 (niv 2)	29,9 (niv 2)
Gants jetables en nitrile 	(niv 0)	(niv 0)
Ansell Hyflex 11-624 	426 (niv 1)	7,4 (niv 0)
Superior Touch S13SXPUQ 	468 (niv 1)	3,3 (niv 0)

Usure en milieu de travail: Méthode

Pour chaque entreprise: A-Screws, A-Lignes, B

Sujets
n = 5 à 12

3 gants
4 jrs max/gant

Données
Gants usagés

Séries
d'essais

Questionnaire

Analyse



Gant 1

Q1: Appréciation du gant

Coupure

Perforation

Gant 2

Q1

Coupure

Perforation

Gant 3

Q1

Coupure

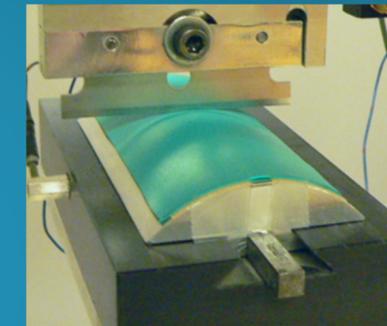
Perforation

Essai 1

Essai 2

Essai 3 (B)

Q2:
Comparaison
des gants



Coupure:
Analyse de
variance mixte
non linéaire



Perforation:
Analyse de
variance
+
Comparaison
multiple Tukey

Au total:

- 34 travailleurs
- 1150 tests de perforation et 1400 tests de coupure sur 270 échantillons

Usure en milieu de travail : Retrait des gants

Raisons indiquées par les participants pour avoir cessé l'utilisation des gants lors des essais en milieu de travail

Entreprise et secteur Modèle de gant	Enduit usé/ pelé	Gants percés/ coupés/ déchirés	Gants trop sale	Gants trop imbibé d'huile	Maximum de jour atteint (4j)	Autres raisons
Entreprise A - Screws		4 %	2 %	11 %	78 %	9 %
ATG MaxiChem Cut 56-633					100 %	
ATG MaxiDry 56-426		12 %		12 %	76 %	
Showa-Best Atlas 377			6 %	18 %	65 %	24 %
Entreprise A - Lignes			25 %	8 %	46 %	50 %
Showa-Best Atlas 377			22 %		33 %	67 %
PIP G-Tek 19-D655			17 %		83 %	17 %
Ansell PowerFlex 80-813			33 %	22 %	33 %	56 %
Entreprise B	23 %	26 %		7 %	37 %	35 %
Ansell PowerFlex 80-813	29 %	29 %		12 %	21 %	32 %
Showa-Best S-TEX 541	12 %	20 %		4 %	32 %	48 %
Superior Emerald CX S13CXPU	27 %	27 %		5 %	68 %	23 %
Total général	13 %	15 %	5 %	9 %	51 %	29 %

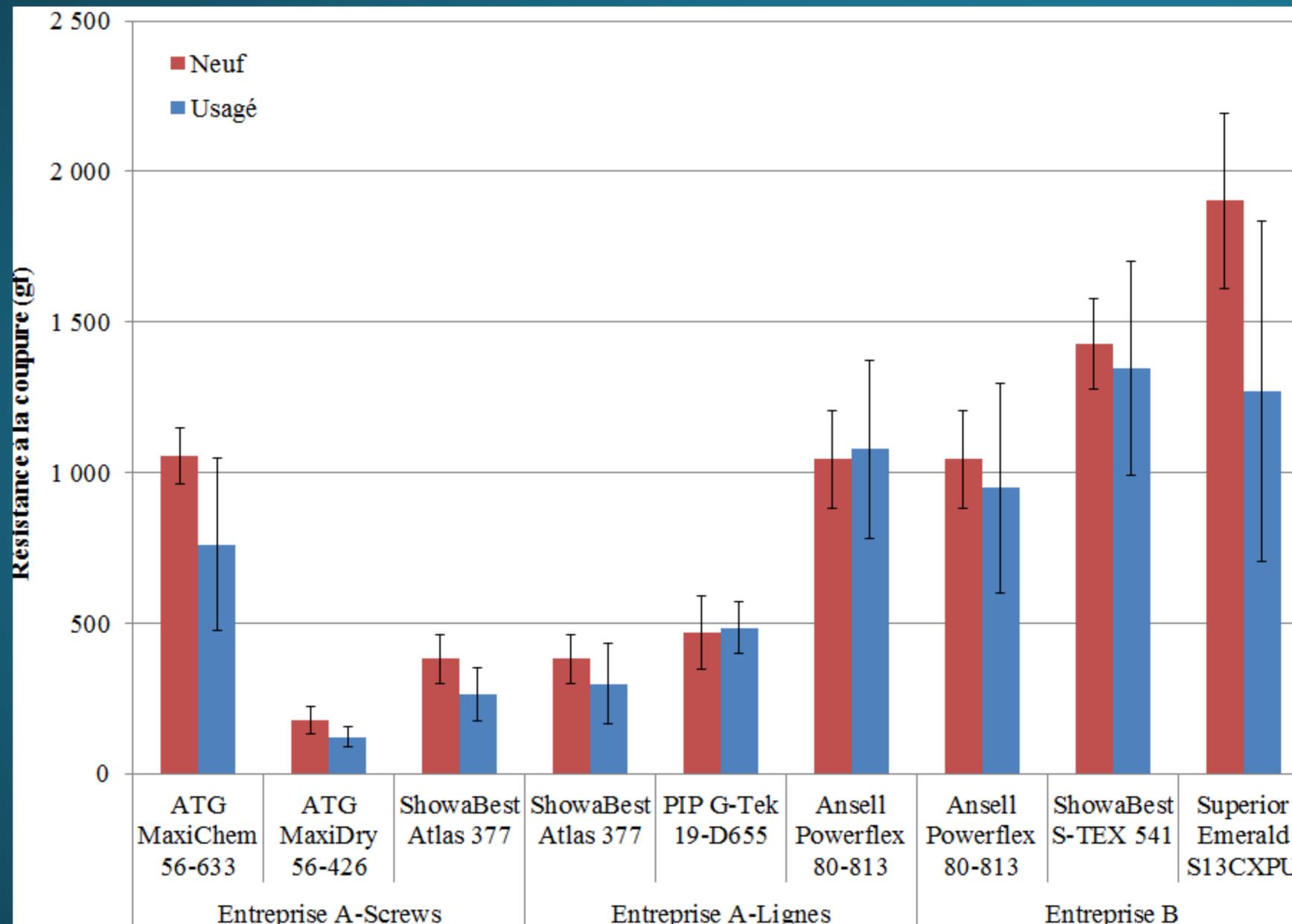
Gants imbibés d'huile

Gants sales

Gants très usés



Usure en milieu de travail: Coupure



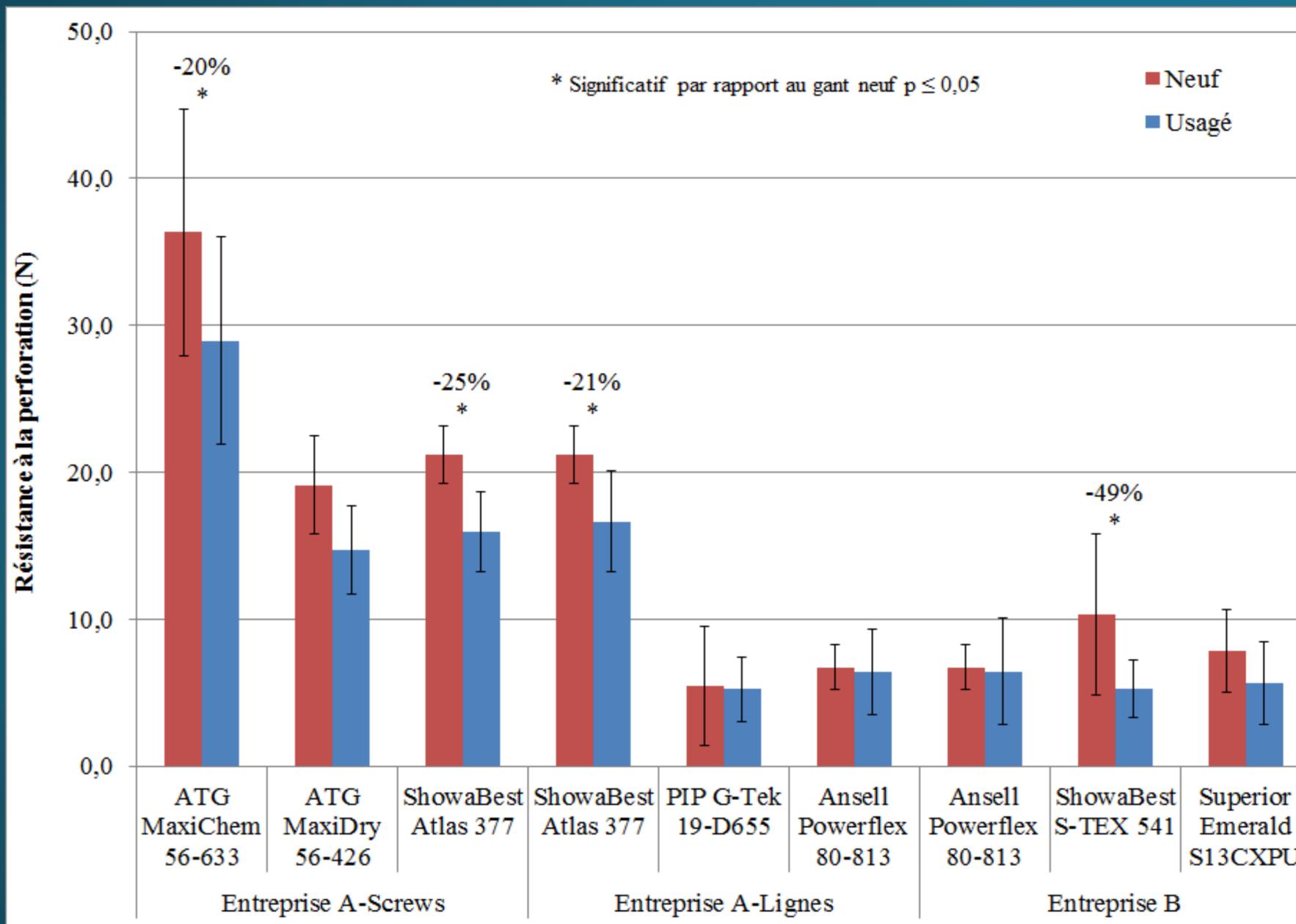
Entreprise	Source de variation	Valeur p
A - Screws	Gant	< 0,001 *
	État	< 0,001 *
A - Lignes	Gant	< 0,001 *
	État	0,450
B	Gant	< 0,001 *
	État	0,127

Baisse de résistance:

- 7 cas sur 9
- -6 % à -33 %
- forte variabilité

A-Screws: Les fluides de coupe modifient la résistance à la coupure ($p < 0,001$)

Usure en milieu de travail: Perforation



Entreprise	Source de variation	Valeur p
A-Screws	Gant	< 0,001 *
	État	< 0,001 *
	Gant*État	0,435
A-Lignes	Gant	< 0,001 *
	État	0,027 *
	Gant*État	0,055
B	Gant	0,277
	État	< 0,001 *
	Gant*État	0,020 *

Baisse de résistance:

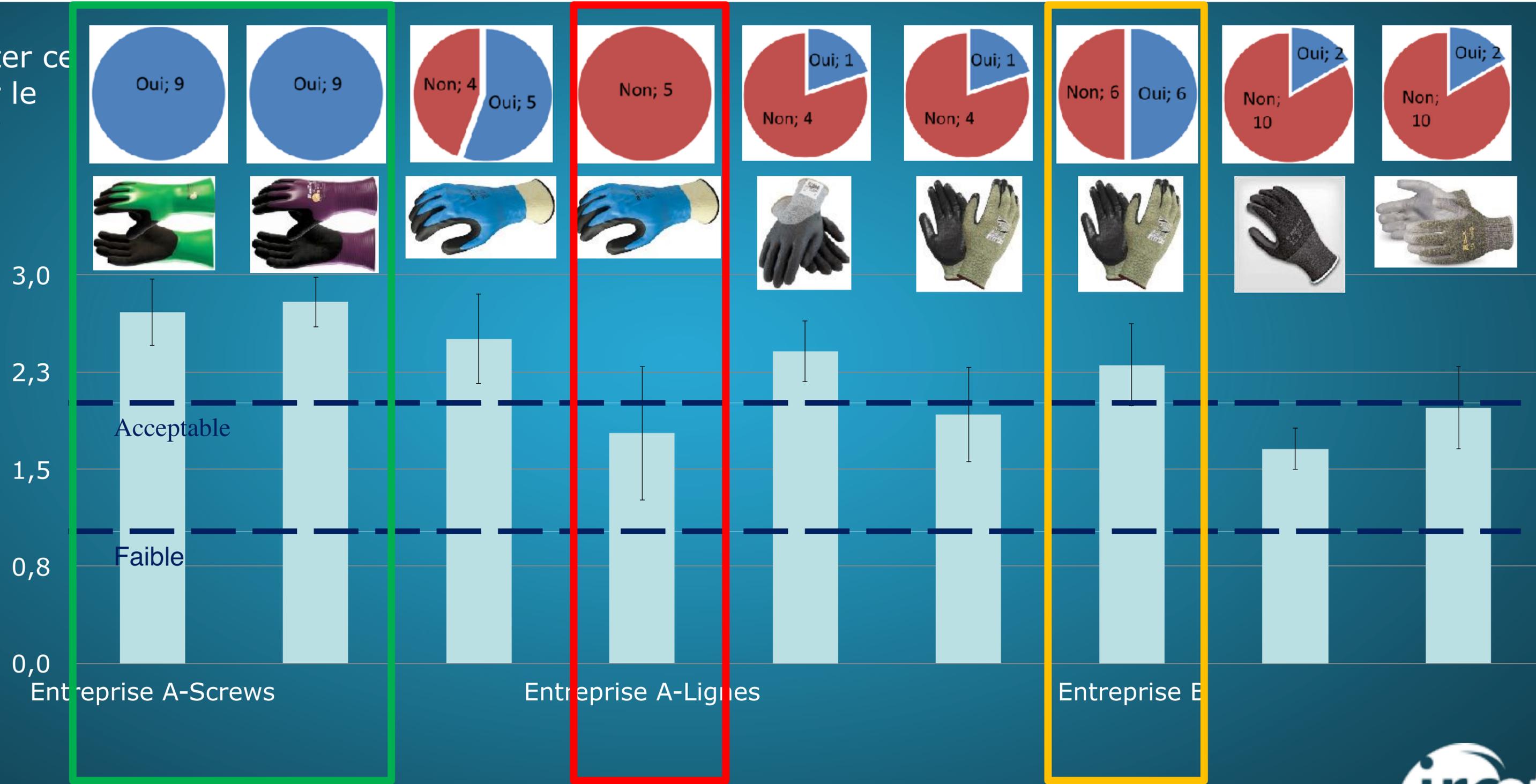
- 9 cas sur 9
- -4 % à -49 %
- 4 cas significatifs

Les fluides de coupe modifient la résistance à la perforation ($p < 0,05$)

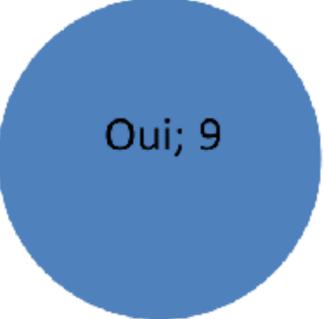
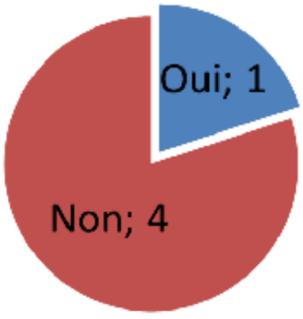
Usure en milieu de travail: Appréciation des gants

Prêt à adopter ce gant pour le travail?

Appréciation moyenne de la protection, de la fonctionnalité et du confort des gants



Usure en milieu de travail: Appréciation des gants

Entreprise	Modèle de gant	Avantage (<u>pareil</u> ou différent p/r ancien modèle)	Inconvénient (<u>pareil</u> ou différent p/r ancien modèle)	Prêt à adopter ce gant?	Ancien modèle de gant
A-Screws	ATG MaxiChem Cut 56-633 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Bonne protection coupure et chaleur;</u> • Poignet bien protégé; • Bonne dextérité; • Bonne adhérence; • Très souple; • Bonne respirabilité; • Confortable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun, pour certains travailleurs; • Moins résistant à la chaleur; • Trop épais; • Plus chaud que les gants habituels (Ansell Hycron); • Difficile à enfiler. 		
A-Lignes	Ansell Powerflex 80-813 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Durabilité;</u> • Bien ajusté; • Confortable mais un peu serré. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Salit trop les cartons;</u> • Se salit vite; • Les poignets trop serrés. 		
B	Ansell Powerflex 80-813 	<ul style="list-style-type: none"> • La laine ne passe pas au travers; • Bonne dextérité; • Bonne adhérence; • Bonne respirabilité; • Confortable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de dextérité; • Glissant avec le « savon »; • Pas de souplesse; • Trop chaud, pas perméable; • Trop serré, notamment du poignet aux jointures; • Irrite la peau, pique. 		

Conclusion

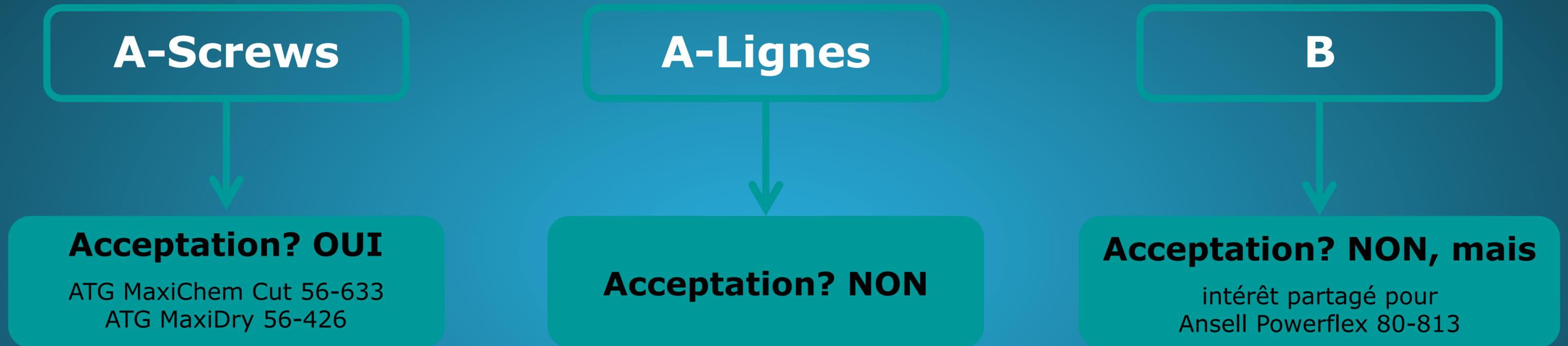
- Effet des fluides de coupe sur la résistance aux agresseurs mécaniques des gants:
 - Par la contamination en laboratoire: Effet significatif (perforation)
 - Par l'usure en milieu de travail: Globalement, diminution de la résistance après 1-4 jours d'utilisation des gants
- Résistance des polymères d'enduction aux fluides de coupe: Nitrile, PU > PVC, Néoprène > Butyle, Latex
- Déterminant du gonflement: Identification des paramètres clés pouvant expliquer le gonflement. À confirmer avec des essais complémentaires.

Limites:

- Méthode de contamination en labo?
- Échantillon représentatif?
- Nb d'échant. vs hétérogénéité des gants?
- Variation dans les tâches des travailleurs et leur usage des gants

Conclusion

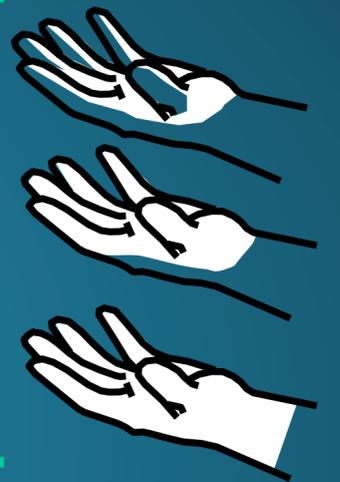
- Acceptation des gants choisis?



- Pour favoriser l'acceptation des gants:
 - Participation des travailleurs
 - Gant spécifique pour chaque poste
 - Essai des gants sur une plus longue période, avec des tâches similaires

Recommandations et perspectives

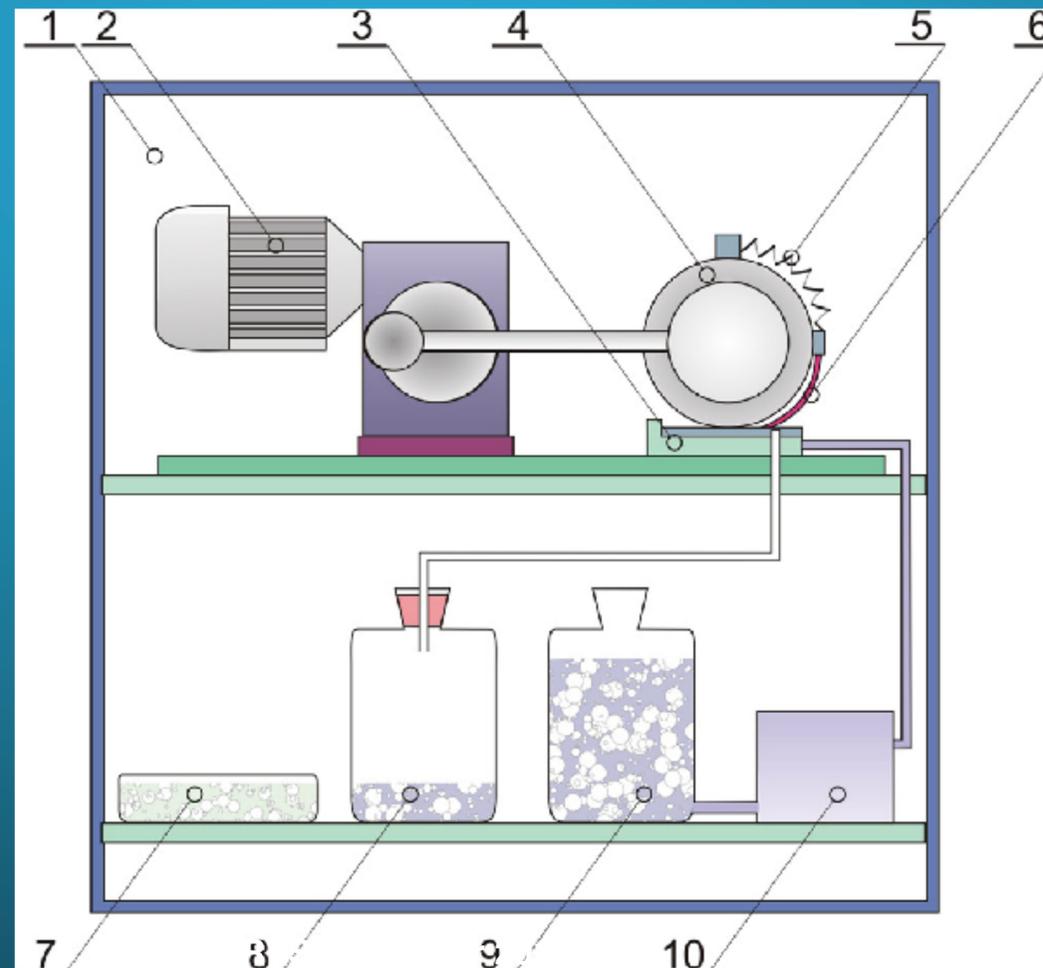
- Favoriser le PU et le nitrile pour les polymères d'enduction (« plus inertes »)
- Réduire le temps effectif d'utilisation avant l'« usure constatée »
- Choisir 1 type de gant/poste. Ex.: surface d'enduction, niveau de protection initial, température ...



- Mise à l'épreuve avec une nouvelle méthode d'essai:

Combinaison d'exposition simultanée à:

- Fluides de coupe
- Contrainte mécanique (stretching)
- Sueur (pH, débit)
- Conditions environnementales (T, HR)



Favoriser l'estimation d'un temps de service

Valorisation

- Rapport de recherche IRSST R-987, 2017
- Article publié dans J. Appl. Polym. Sci., 2017 + article en préparation
- Conférences:
 - International Conference of Engineering Against Fracture, Grèce, 2011
 - Expo Hightex, Montréal, 2013
 - European Conference on Protective Clothing, Belgique, 2014
 - International Conference on Applied Chemistry, France, 2015
 - AQHSST, Shawinigan, 2016
 - AQHSST, Chicoutimi, 2018 – à venir

Remerciements

- Les membres du comité de suivi du projet
- Les représentants des deux entreprises et les travailleurs participants
- Marc-Antoine Busque et Alexandre Boucher, professionnels scientifiques à l'IRSST
- Pierre Drouin, technicien à l'IRSST
- Florent Souper, Jonathan Arnould, Helena Texido Pedarros et Guillaume Wojdyla, stagiaires (ÉTS et IRSST)
- Radu Romanica, Mazeghrane Nabil et Serge Plamondon, techniciens à l'ÉTS
- Natalie Rodrigue, CreaScience