



McGill

ÉTS

Le génie pour l'industrie

Université
de Montréal



ÉREST

Équipe de recherche
en sécurité du travail

Mesure de l'efficacité des gants de protection contre les nanoparticules dans des conditions simulant leur utilisation en milieu de travail

Ludwig Vinches¹

Stéphane Hallé¹, Mohamed Zemzem¹

Kevin James Wilkinson², Caroline Peyrot²

Nathalie Tufenkji³

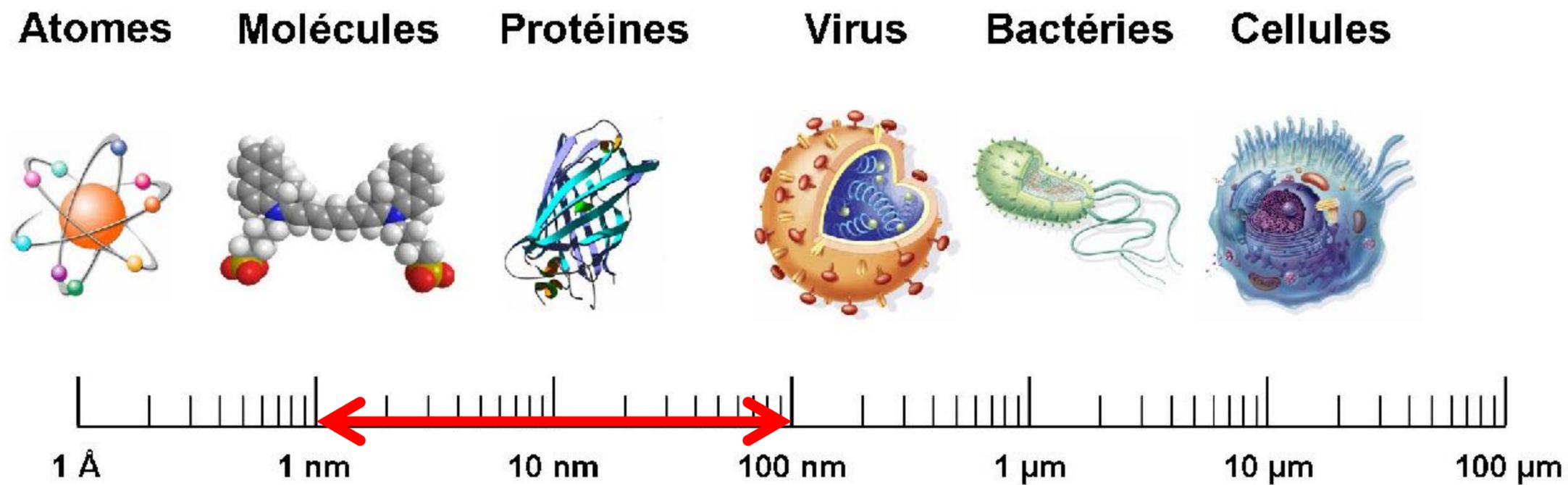
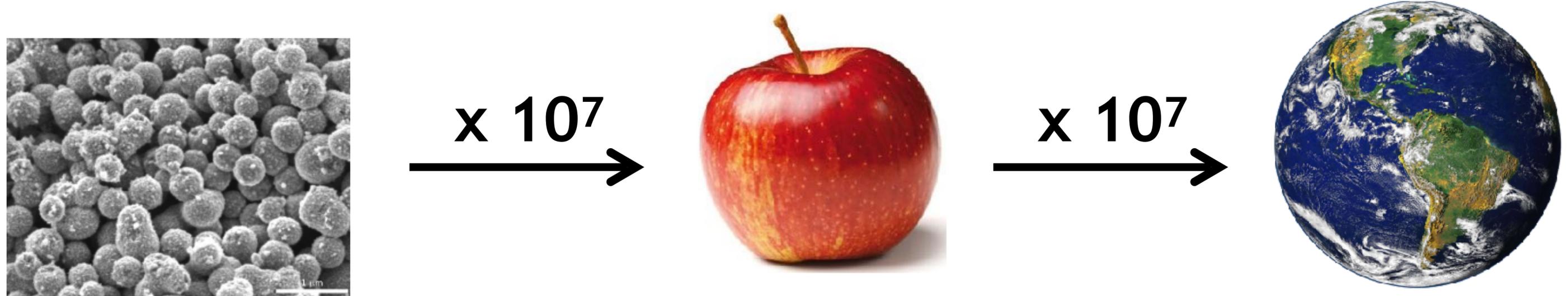
¹École de technologie supérieure - Montréal

²Université de Montréal

³Université McGill

Une nanoparticule, qu'est-ce que c'est ?

Les nano-objets sont les objets dont UNE des dimensions est comprise entre 1 et 100 nm



BIOCIDES 	SANTÉ ET BIEN-ÊTRE <i>cicatrisation</i> : pansements <i>blancheur</i> : dentifrices... 	produits solaires, cosmétiques 	VÊTEMENTS <i>anti-odeurs</i> 
ALIMENTATION <i>conservation</i> emballages... 	<i>additifs anti-agglomérants</i> nanosilice E551 	ÉQUIPEMENT DE LA MAISON 	
ÉQUIPEMENTS SPORTIFS <i>légèreté, solidité</i> 	BÂTIMENT vitres, peintures, ciments... 	INFORMATIQUE ÉLECTRONIQUE... 	TRANSPORTS... 

**≈ 2000 produits
de consommation
courante dont
300 alimentaires**



En 2020, dans le monde, 6 millions de personnes en contact avec des nanoparticules en milieu de travail.

60 000 chercheurs travaillent dans le domaine des nanotechnologies.

Quelques effets sur la santé :

- Nanotube de carbone : forte similarité avec l'amiante
- Or et argent : dégradation des cellules reproductrices mâles
- Dioxyde de silice : cytotoxicité et génotoxicité

Dioxyde de titane nanoparticulaire

Classement CIRC dans le groupe 2B « *cancérogène possible pour l'homme* »



La voie respiratoire



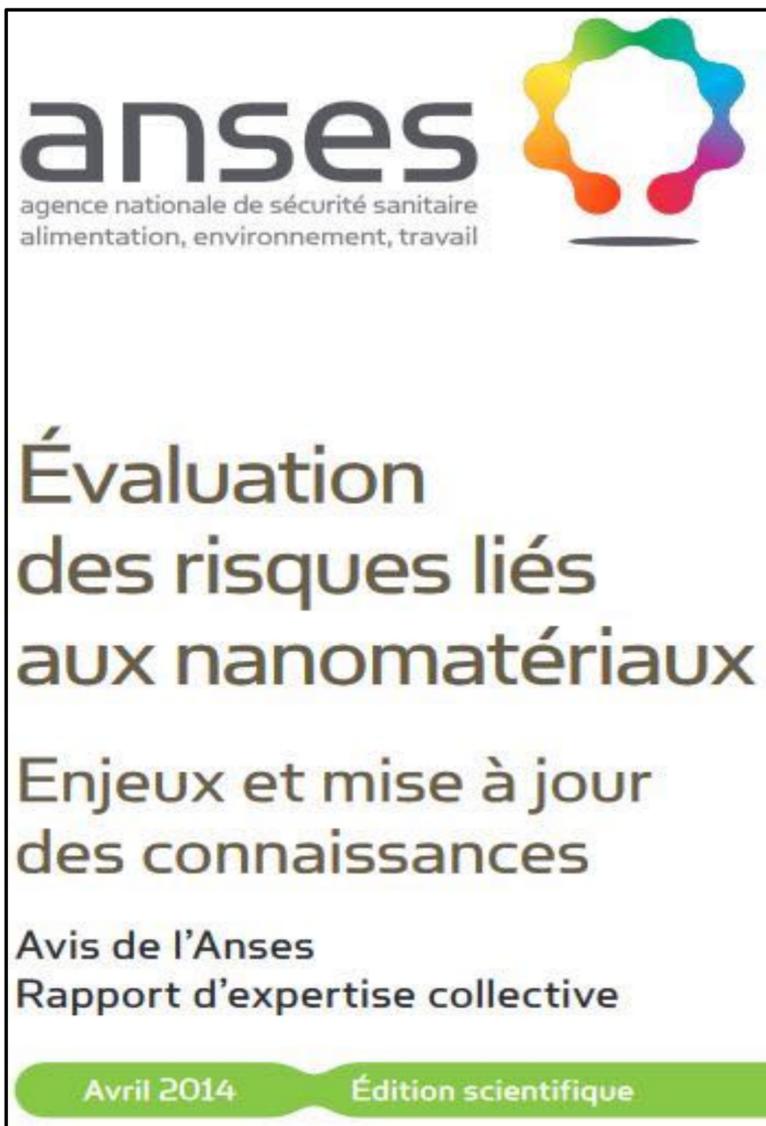
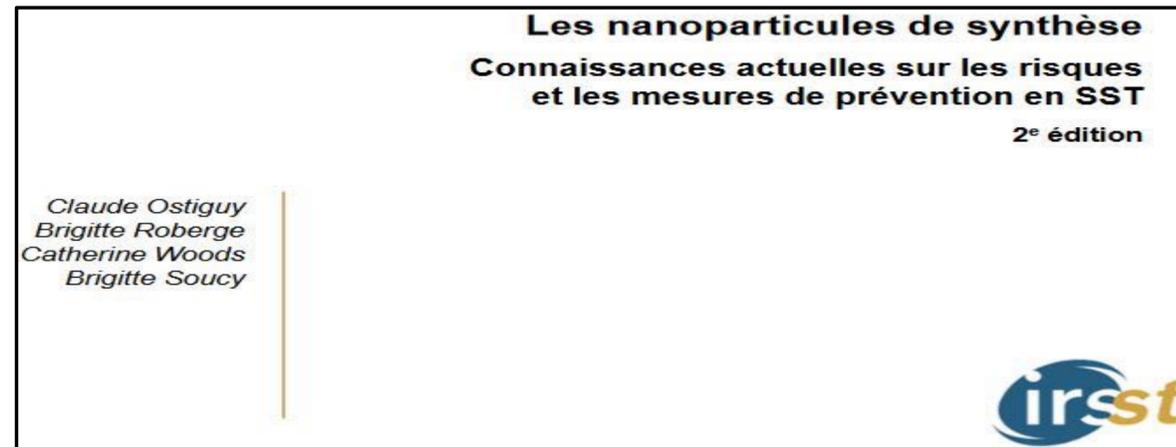
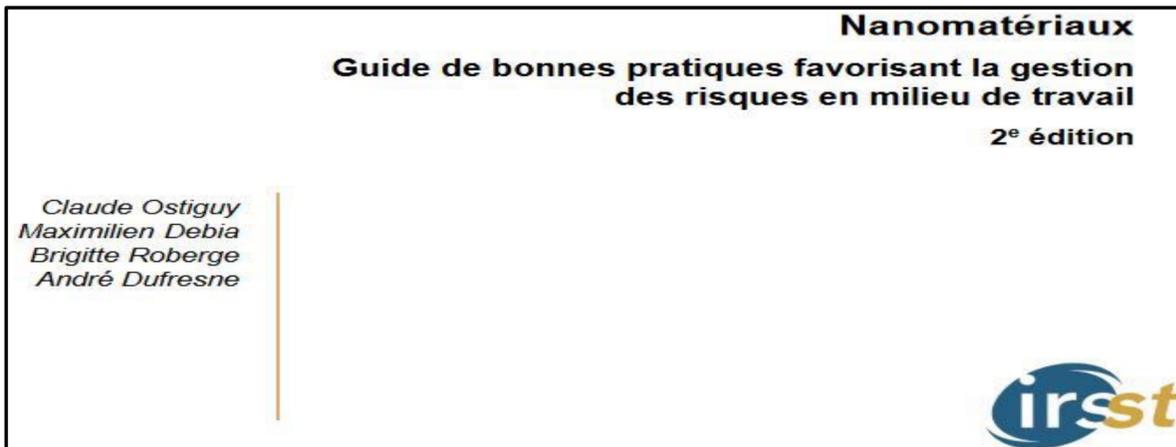
La voie digestive



La voie cutanée



La voie oculaire



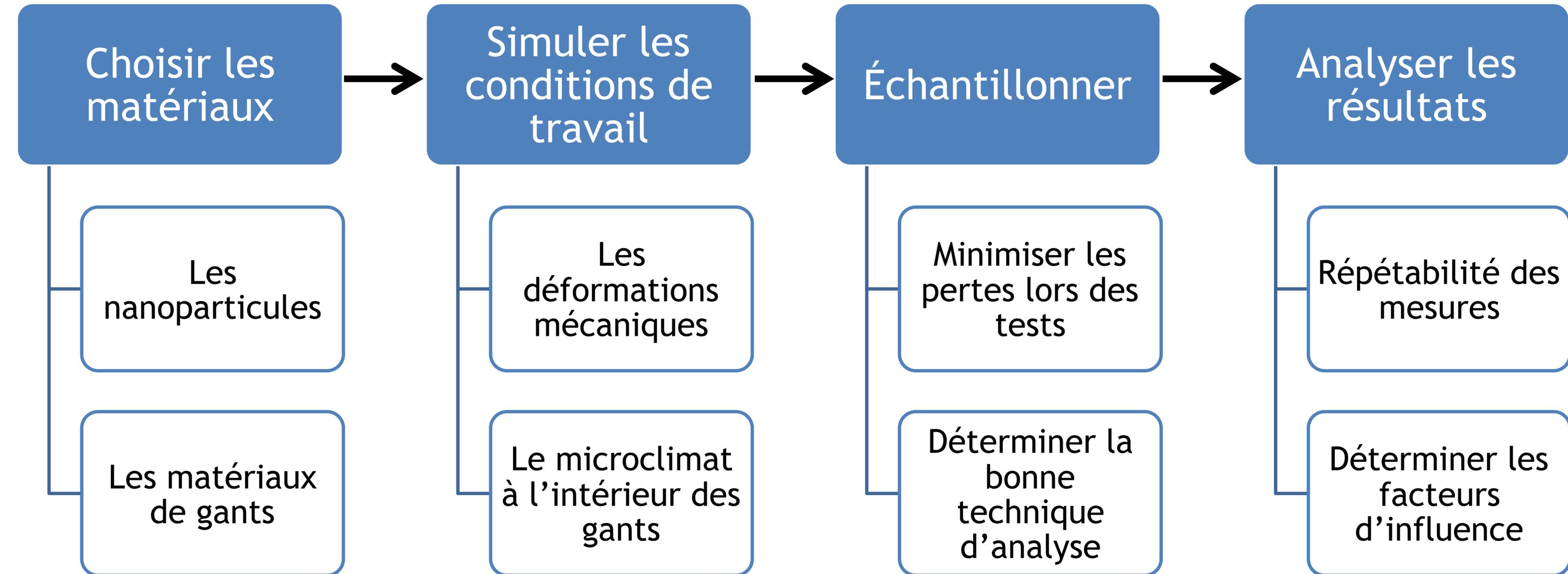
Principe de précaution
**Utilisation de gants de
protection jetables**

L'efficacité de ces gants a t-elle été validée ?

Golanski (2009, 2010), Park (2011)

Des résultats contradictoires !

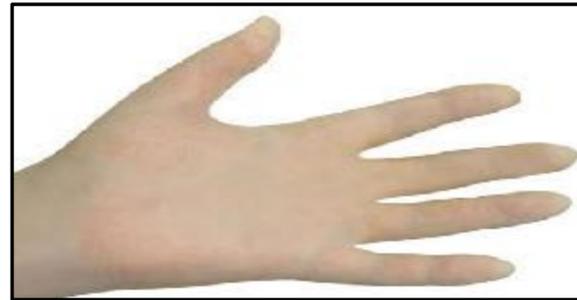
Évaluation de l'efficacité des gants en 4 étapes





Nitrile

66 - 73 - 117 μm



Latex

123 μm



Néoprène

397 μm



Or (eau)

5 nm et 50 nm



Argent (eau)

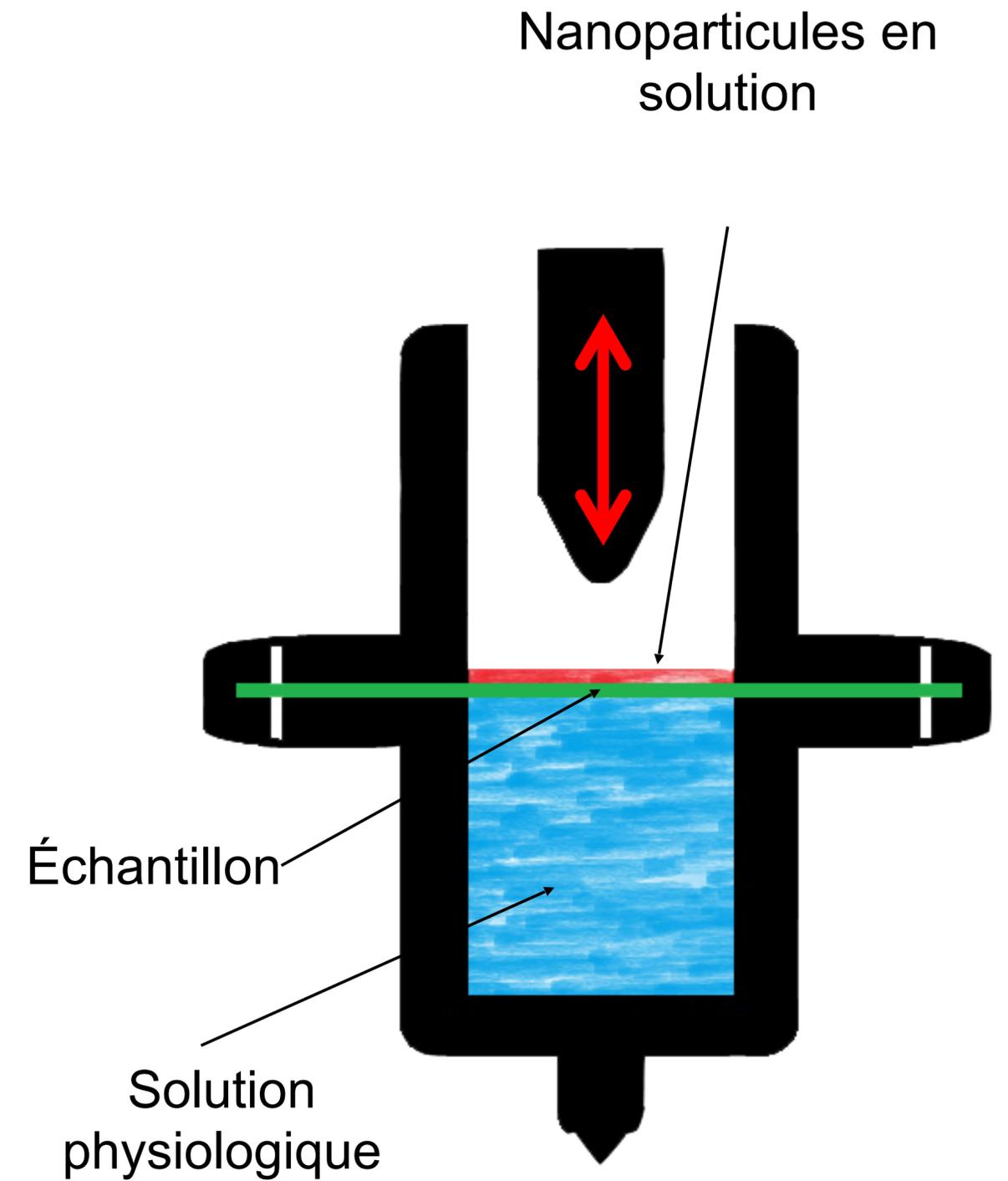
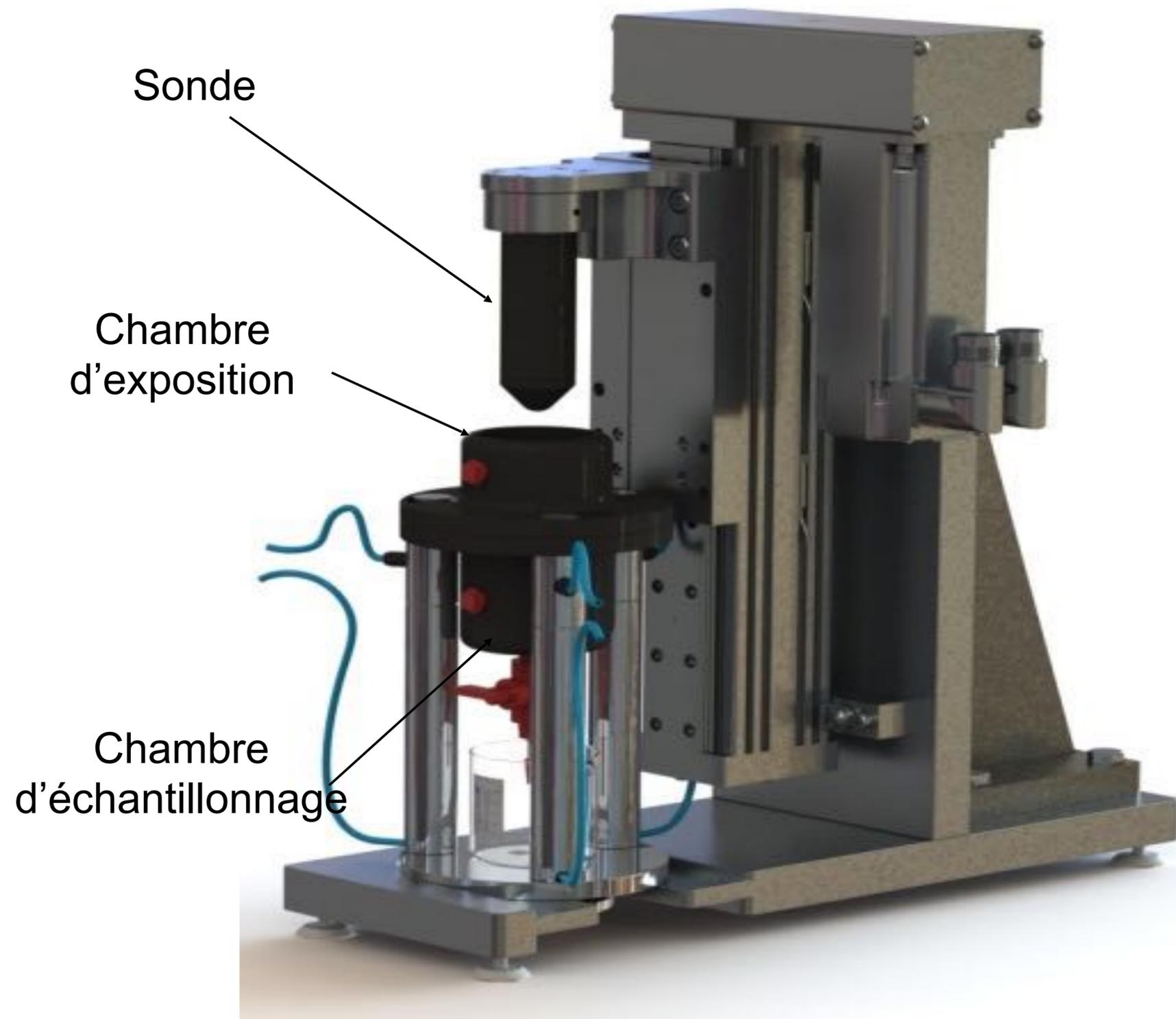
50 nm



Dioxyde de silice (eau)

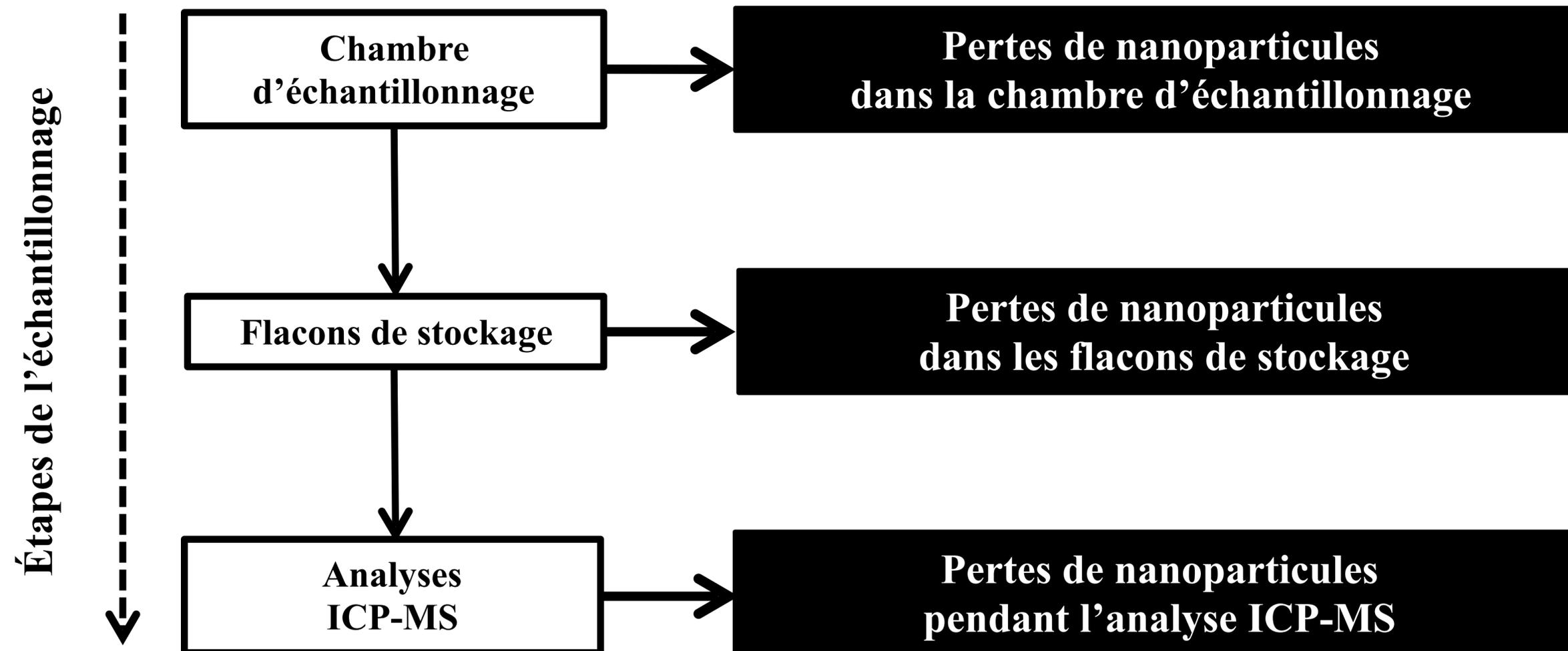
30 nm

Développer une méthodologie : simuler les conditions de travail



1 déformation toutes les 10 secondes durant 3 heures

Phénomènes d'adsorption des nanoparticules au cours des différentes étapes de l'échantillonnage



Évaluer et minimiser les pertes totales lors de l'échantillonnage

Déterminer les flacons de stockage adéquats

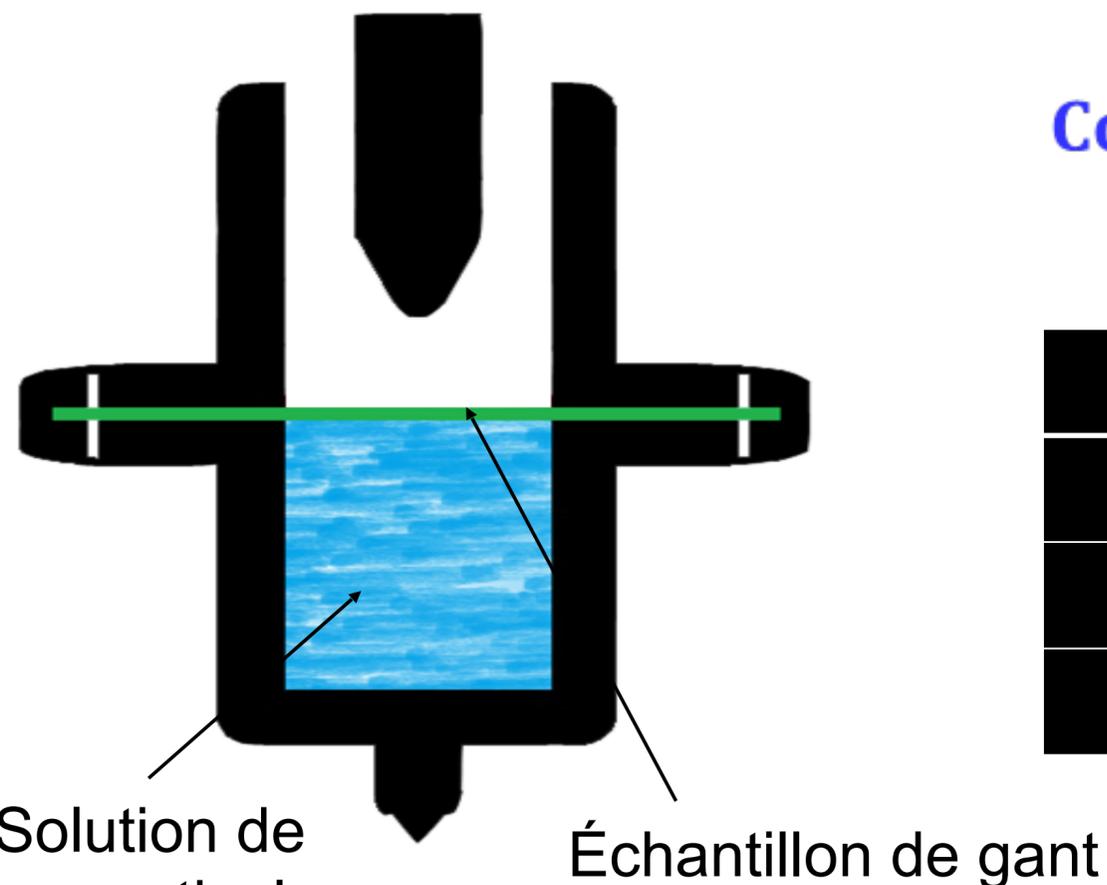
- Préparation d'une solution de nanoparticules d'or ($10 \mu\text{g/L}$) dans une solution physiologique à $\text{pH} = 6$
- Six différents types de flacons à analyser
- Analyse ICP-MS après 0, 24, 48 et 72 heures.

	Coefficient de restitution (%)	
	Après 24 heures	Après 72 heures
Verre	100	100
Polycarbonate	75	65
Polypropylène	70	50
Téflon	65	50
Polyéthylène basse densité	60	40
Polyéthylène haute densité	50	30

Utilisation de flacons en verre pour le stockage des solutions à analyser

Déterminer les pertes totales

- 2 solutions de nanoparticules (10 µg/L et 100 µg/L) dans une solution physiologique à pH = 6
- Ces solutions sont placées dans la chambre d'échantillonnage sans solution commerciale de nanoparticules dans la chambre d'exposition
- Application du protocole expérimental de déformations



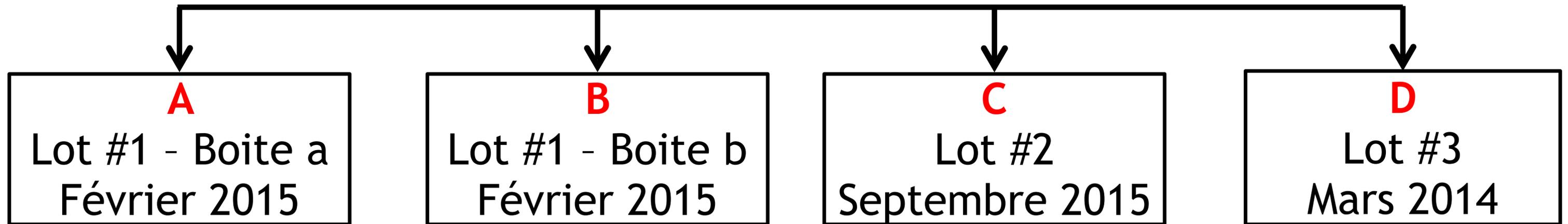
$$\text{Coefficient de pertes} = \frac{\text{Concentration après le test}}{\text{Concentration avant le test}}$$

	Coefficient de perte (%)
nAu-5 nm	54
nAu-50 nm	45
nAg	< 10

(10 µg/L ou 100 µg/L)



Nitrile 1
(73 μm)



Or - 5 nm	Moy. \pm ET ($\mu\text{g/L}$) (n=10)	Concentration max. ($\mu\text{g/L}$)	Concentration min. ($\mu\text{g/L}$)
A	0,446 \pm 0,162	0,782	0,319
B	0,530 \pm 0,524	1,802	0,172
C	1,662 \pm 2,994	10,028	0,162
D	0,273 \pm 0,132	0,477	< LOD

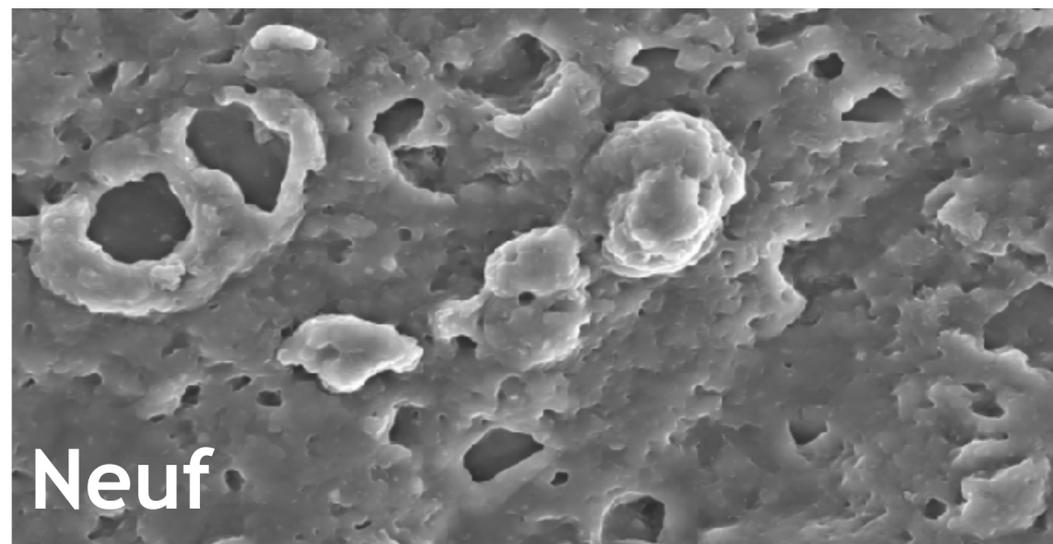
Variabilité dans le procédé de fabrication des gants ??

	nAu-5	nAu-50	nAg-50	nSiO ₂
Nitrile 1 (73 μm)	À rejeter	Satisfaisant	Médiocre	N/D
Nitrile 2 (117 μm)	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	N/D
Nitrile 3 (66 μm)	Médiocre	Médiocre	Satisfaisant	N/D
Latex (123 μm)	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	N/D
Néoprène (397 μm)	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant	N/D

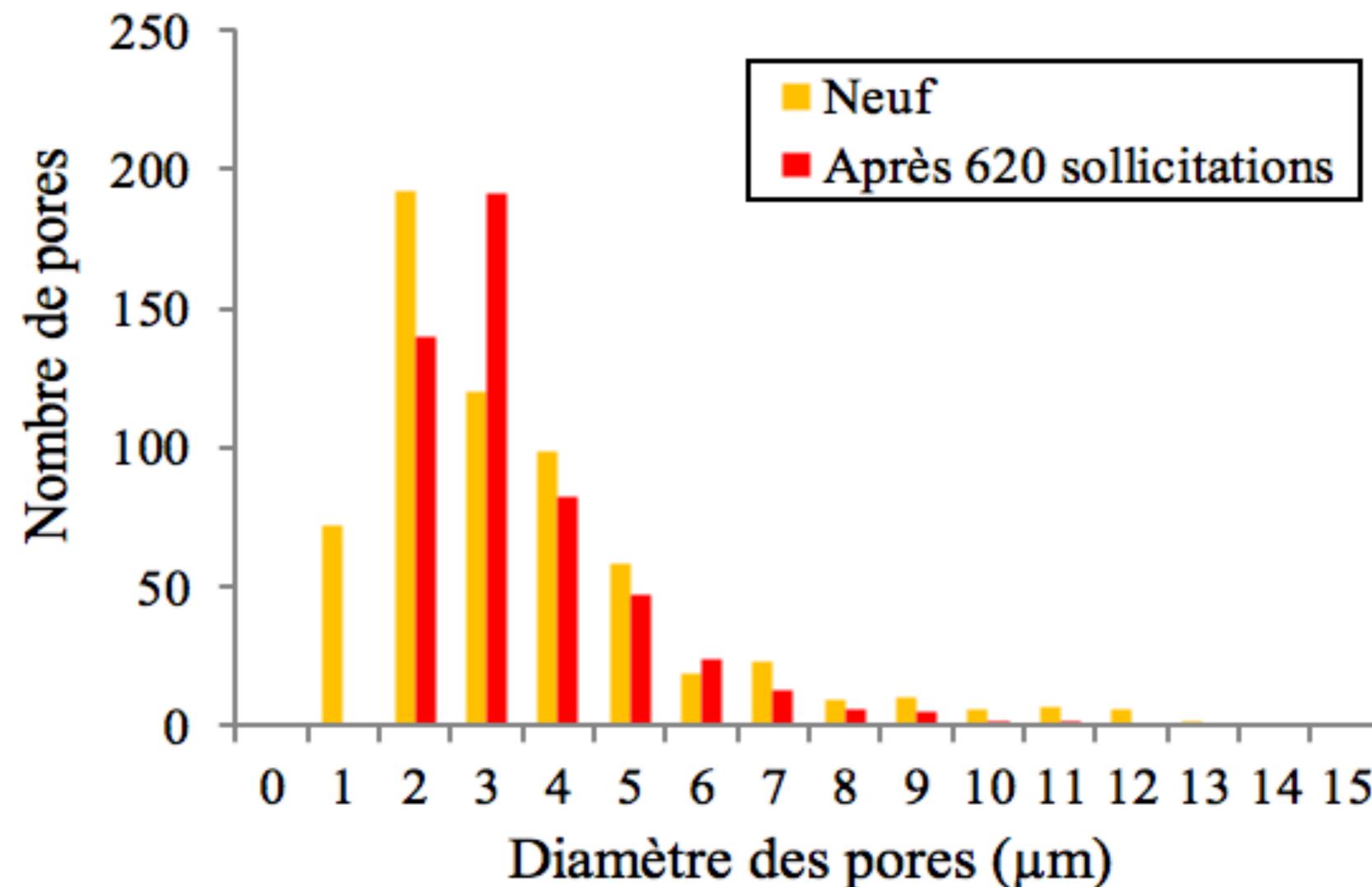
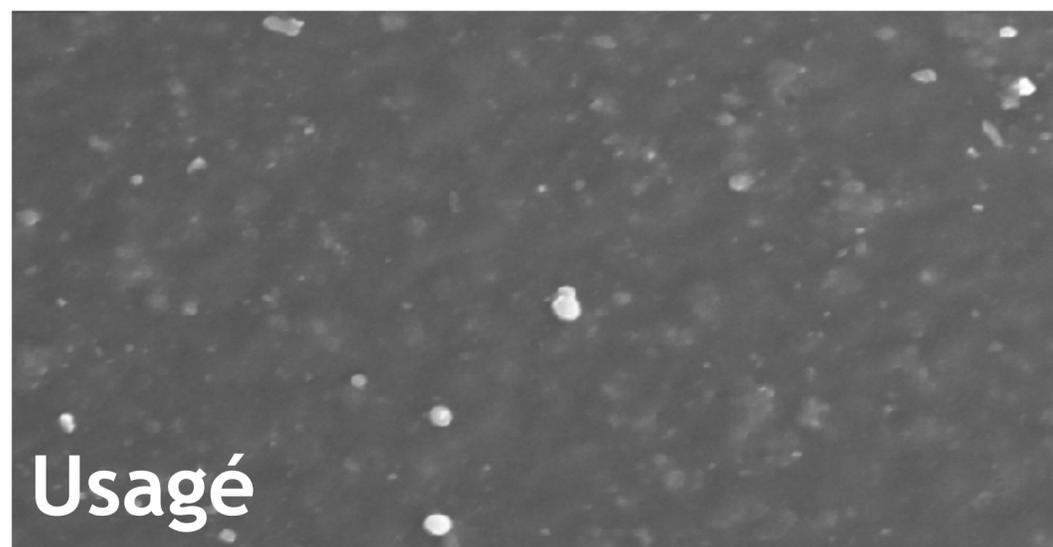
N/D : Non disponible

- ✓ **Effet d'épaisseur**
- ✓ **Effet de composition chimique**

Modification des propriétés de surface

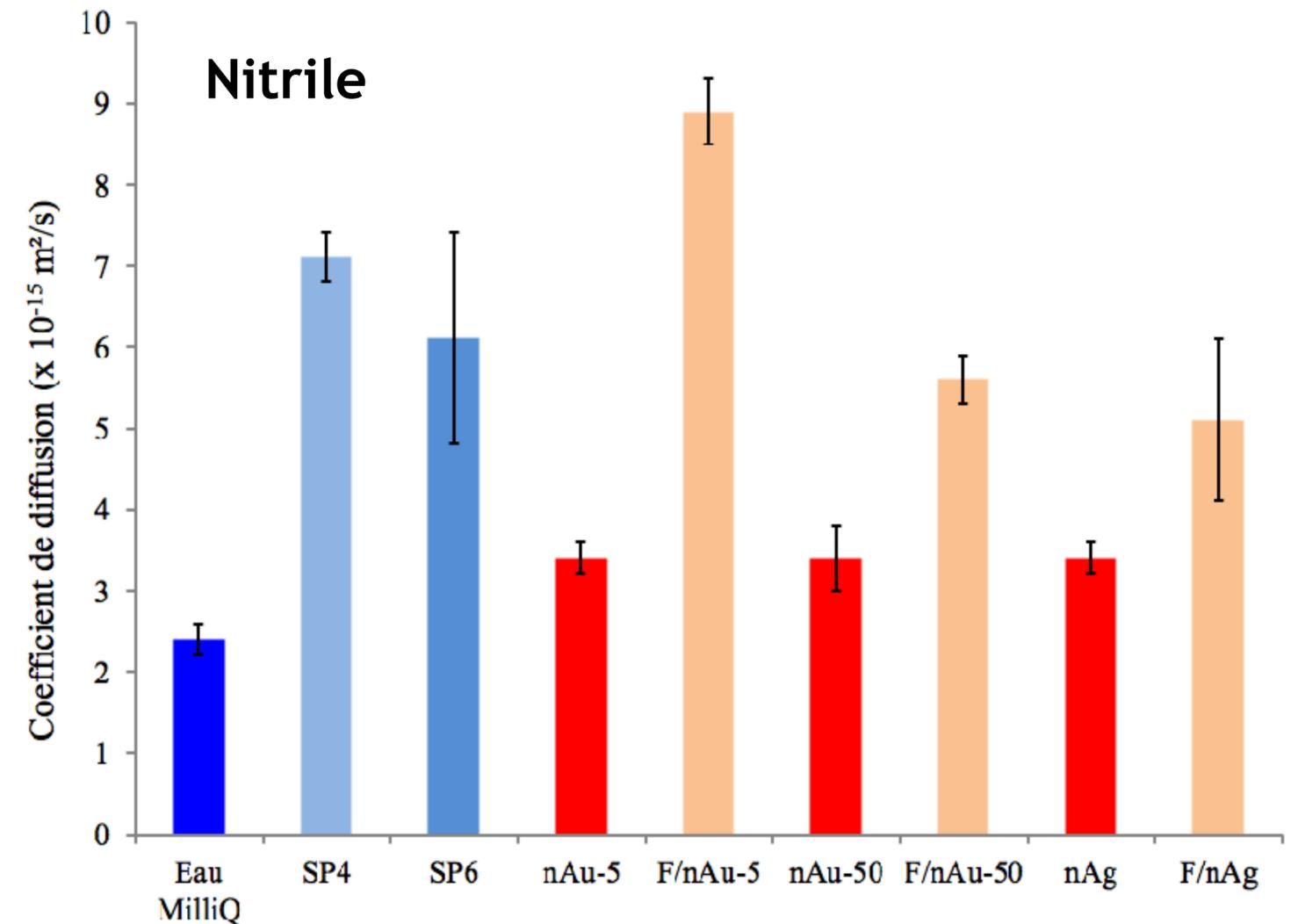
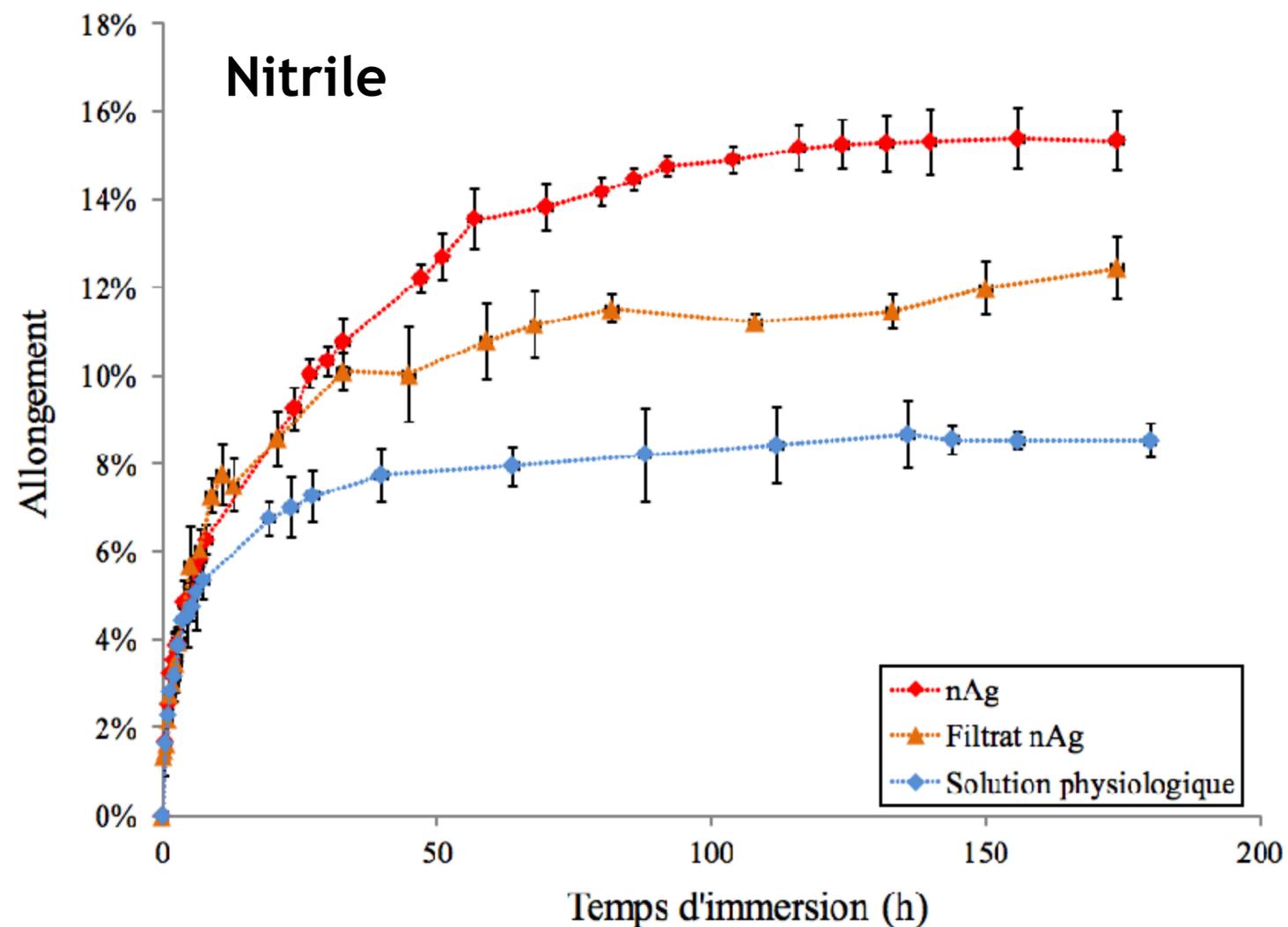


Après 3h
d'utilisation



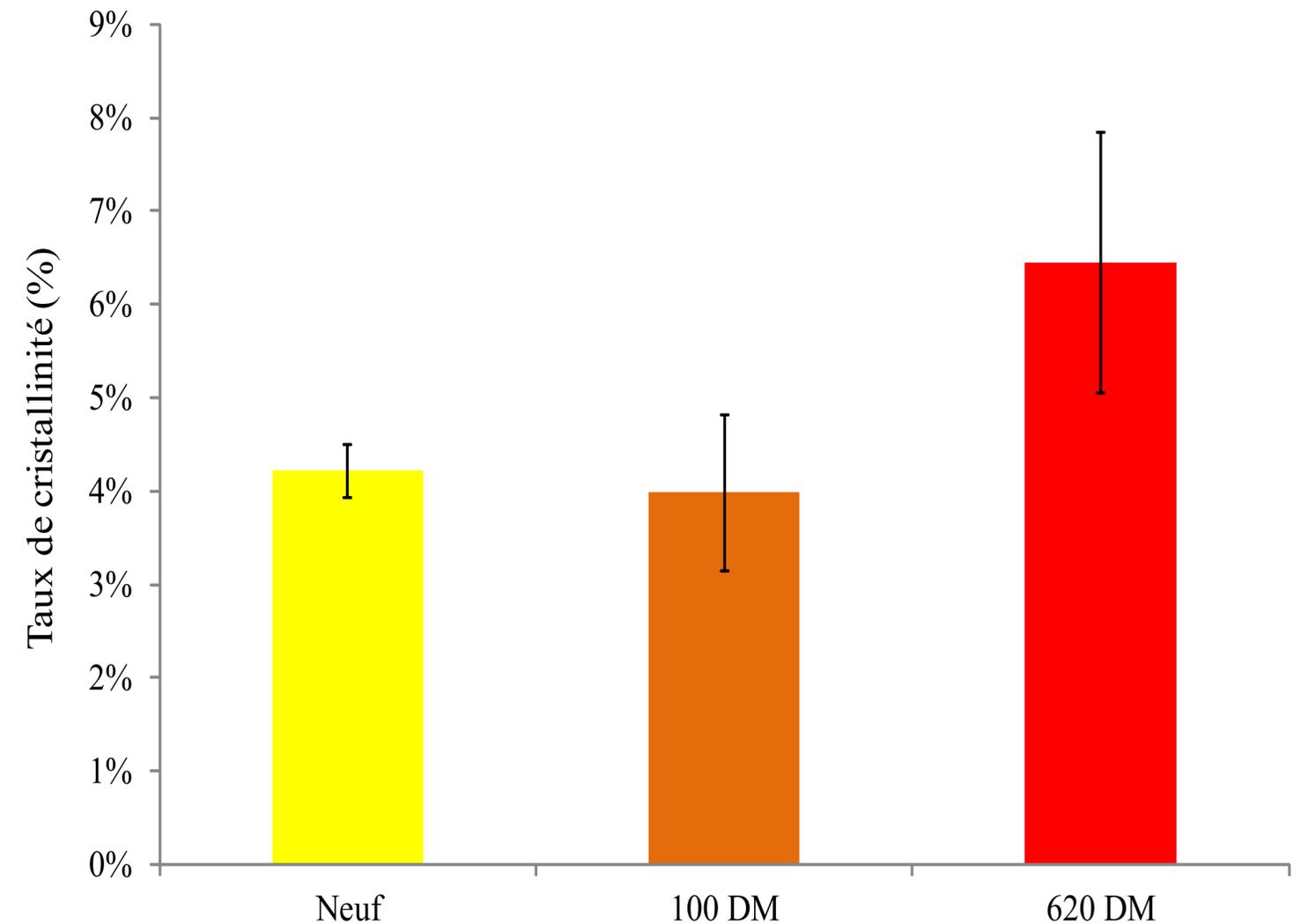
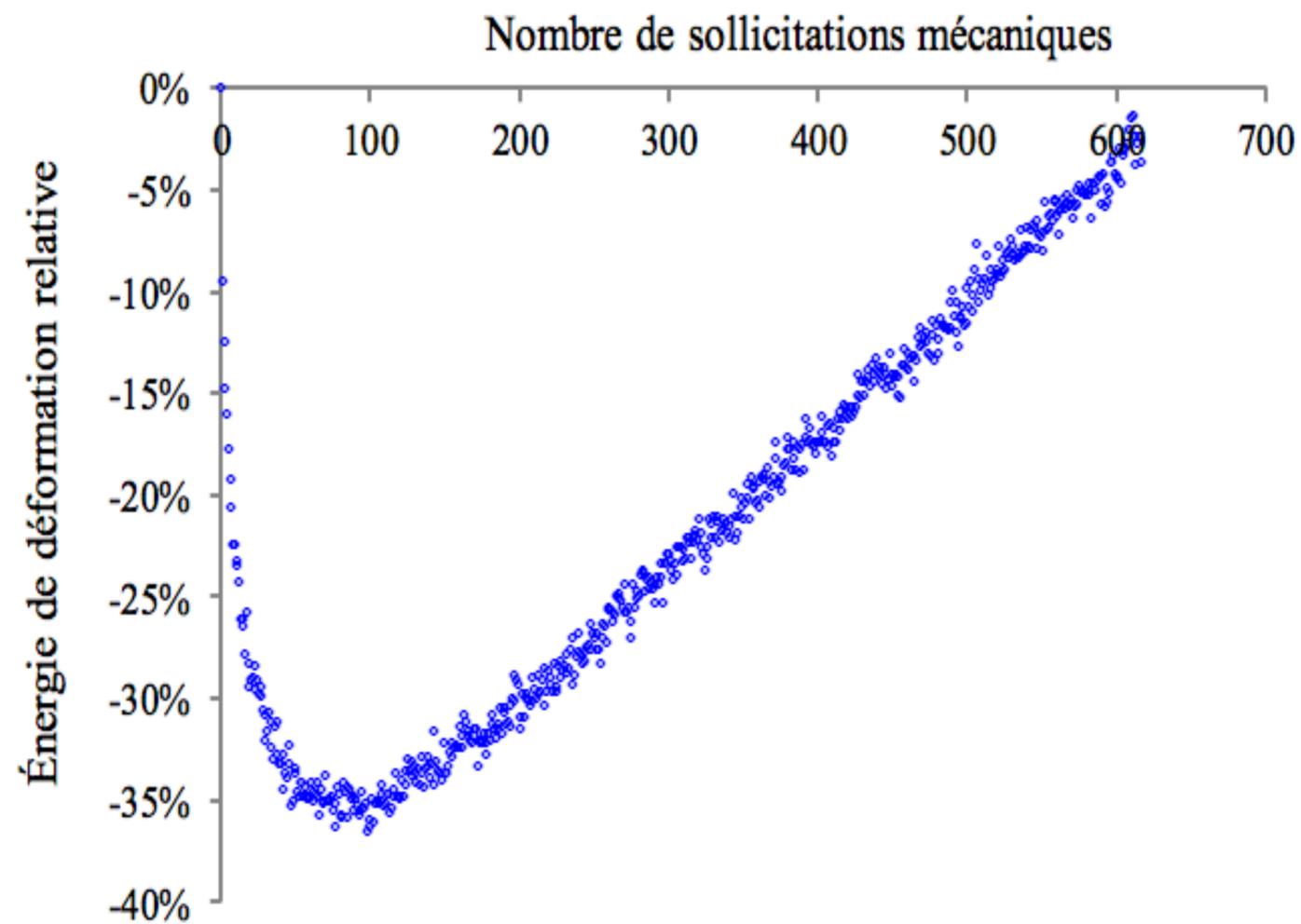
- Effet des solutions (nanoparticules ou physiologiques)
- Effet des déformations mécaniques

Effet des solutions de nanoparticules et de la solution physiologique



- ✓ Gonflement des matériaux de gants au contact des solutions
- ✓ Les solutions physiologiques diffusent beaucoup plus que l'eau
- ✓ Effet barrière des nanoparticules ? À confirmer

Effets des déformations mécaniques



✓ Cristallisation sous contrainte

- Réarrangement ou rupture des chaînes polymères
- Intégrité de la structure affaiblie et diminution des propriétés mécaniques

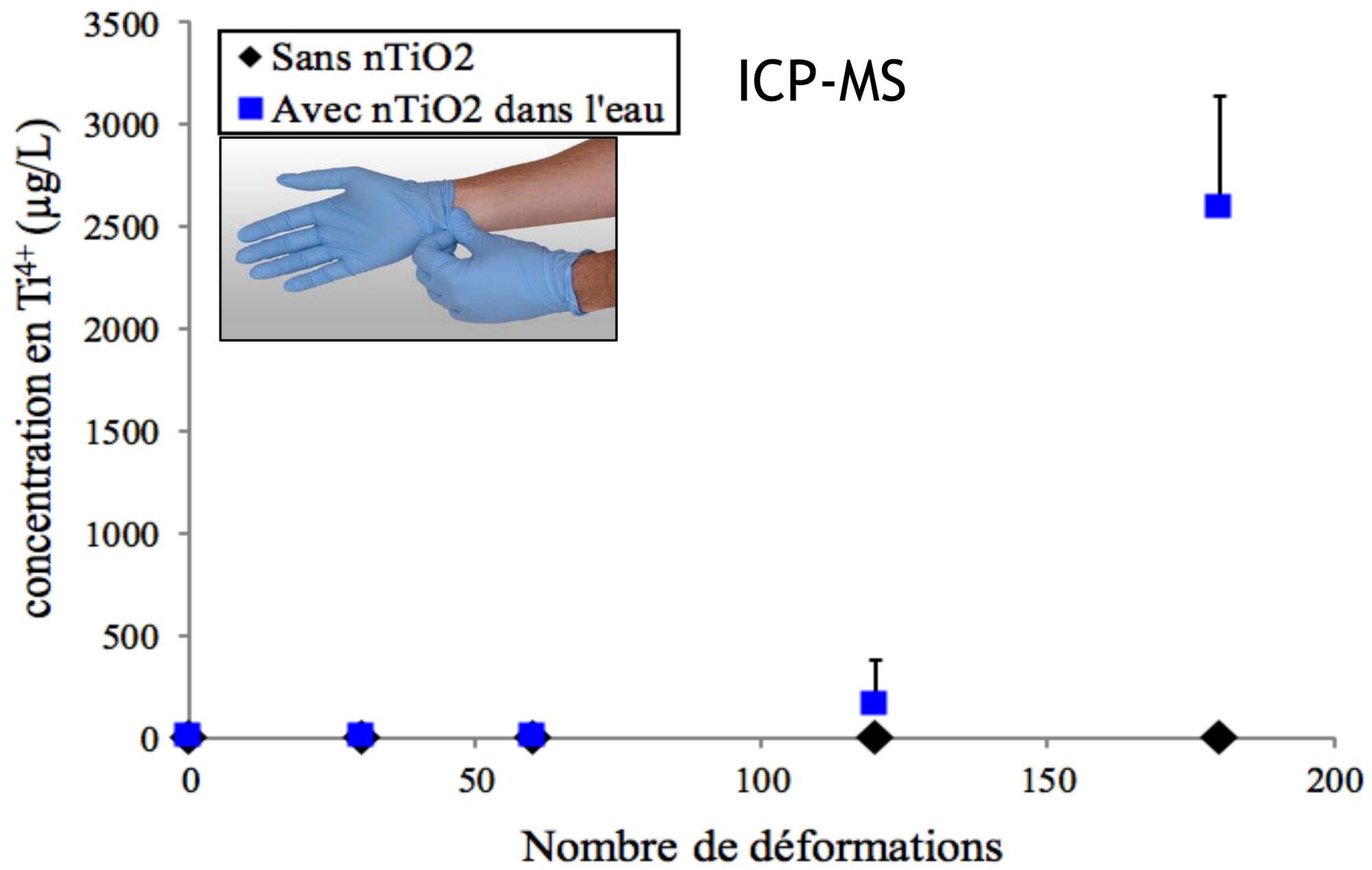
✓ Abrasion de surface

DÉVELOPPEMENT D'UNE MÉTHODOLOGIE RIGoureuse POUR ÉVALUER L'ÉFFICACITÉ DES GANTS DE PROTECTION CONTRE LES NANOPARTICULES

IDENTIFICATION DE QUATRE ÉTAPES IMPORTANTES

- 1- Choisir les matériaux à étudier (détermination de **la technique de détection**)
- 2- Simuler les conditions d'utilisation des gants
- 3- Échantillonner (détermination **des pertes totales**)
- 4- Analyses des résultats (**répétabilité et validité des mesures**)

Mise en place d'un protocole complet de nettoyage pour minimiser la contamination résiduelle



AFM



Passage des nTiO₂ en solution dans l'eau à travers ce modèle de gants jetables en nitrile

Résultats complémentaires

	nTiO ₂ (poudre)	nTiO ₂ (eau)	nTiO ₂ (EG)	nTiO ₂ (PG)	nAu-5 (eau)	nAu-50 (eau)	nAg-50 (eau)	nSiO ₂ (eau)
Nitrile 1	Médiocre	À rejeter	Satisfaisant	Satisfaisant	À rejeter	Satisfaisant	Médiocre	N/D
Nitrile 2	Satisfaisant							N/D
Nitrile 3	N/D	N/D	N/D	N/D	Médiocre	Médiocre	Satisfaisant	N/D
Latex	Satisfaisant							N/D
Néoprène	Satisfaisant							N/D
Butyle	À rejeter	Satisfaisant			N/D	N/D	N/D	N/D

N/D : Non disponible

RECOMMANDATIONS SCIENTIFIQUES

- Compléter les analyses avec SiO_2
- Approfondir les facteurs influençant le passage des nanoparticules afin d'améliorer la structure ou la composition chimique des matériaux de gants en collaboration avec les manufacturiers
- Prendre en compte d'autres paramètres expérimentaux comme la température à l'intérieur des gants ou l'humidité relative dans l'environnement de travail dans le cas de nanoparticules en poudre ou aérolisées

RECOMMANDATIONS AUX TRAVAILLEURS

UNE GRANDE ATTENTION DOIT ÊTRE PORTÉE DANS LA SÉLECTION DES GANTS

- **Remplacer les gants fréquemment** (1 heure d'utilisation max)
- **Double gantage** envisageable mais entraîne une perte de dextérité

Merci pour votre attention

