Procédure de mesure de l'efficacité des filtres à capturer les nanoparticules - application aux filtres N95

Fariborz Haghighat / Université Concordia

Ali Bahloul, Jaime Lara / IRSST

Reza Mostofi et Alireza Mahdavi

Avec la collaboration de Bei Wang, Yves Cloutier et Claude Ostiguy

INTRODUCTION

Nanoparticules (NP)

- ✓ Procédés synthétiques
- ✓ Dimension inférieure à100 nm
- ✓ Forte croissance de la nanotechnologie
- ✓ Toxiques, risque élevé pour la santé et la sécurité des travailleurs

Exposition aux NP

- ✓ Cutanée
- ✓ Inhalation
- ✓ Contact avec les yeux
- ✓ Ingestion

Prévention

- ✓ Confinement
- ✓ Captage à la source
- ✓ Hotte de ventilation
- ✓ Ventilation générale
- ✓ Protection personnelle

Performance des filtres

INTRODUCTION

- Filtration des nanoparticules

www.irsst.qc.ca

INTRODUCTION

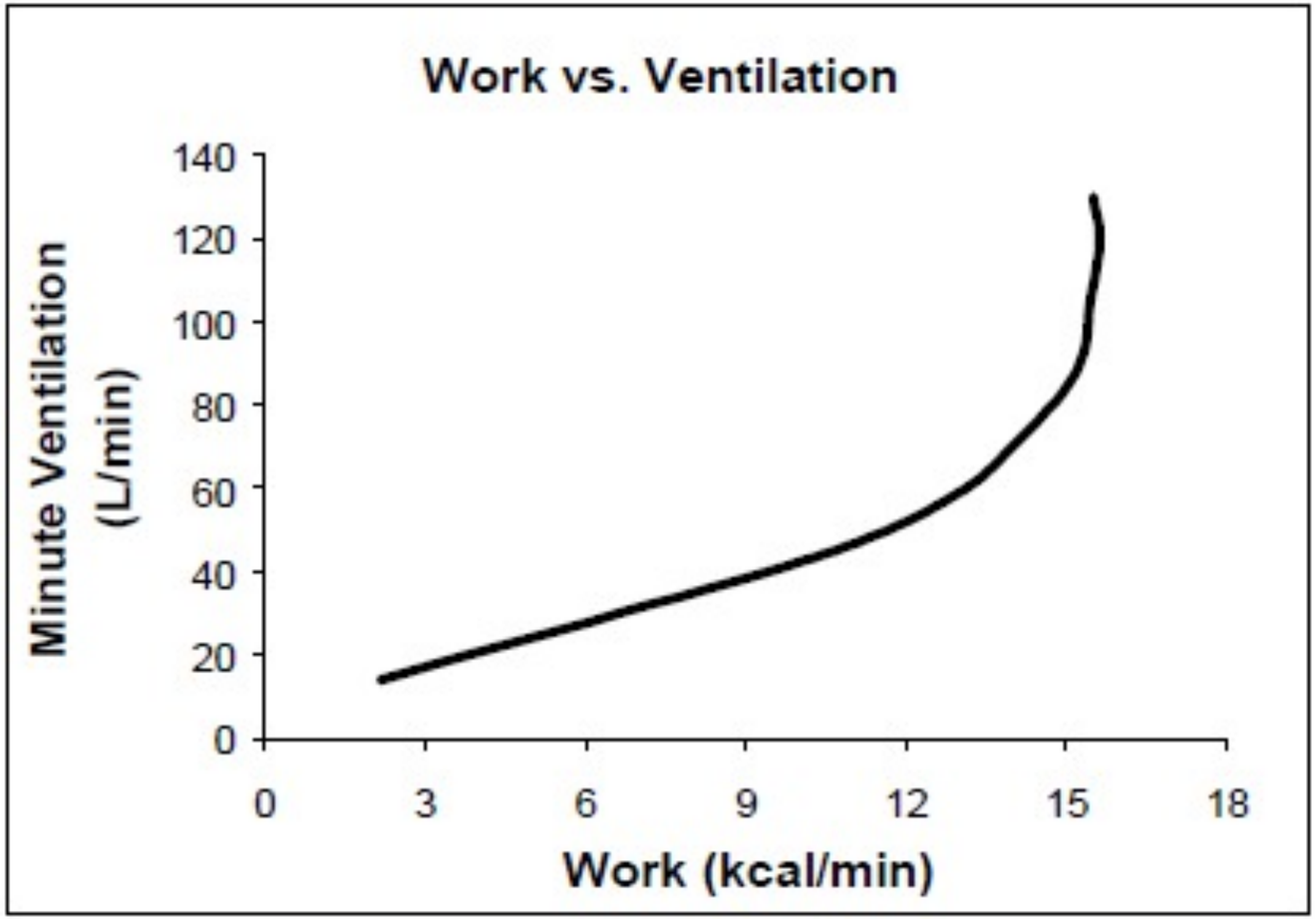
- Test de certification NIOSH des filtres de protection respiratoire utilise des particules de taille d'environ de 0,3 µm (MPPS : les particules les plus pénétrantes
  NORME : 42 CFR part 84).

- Les filtres de catégorie N sont testés en utilisant des aérosols NaCl, les catégories R et P sont testés en utilisant des aérosols de dioctyl-phtalate (DOP).

- Les tests sont réalisés à des débits constants de 85 l/min pour les pièces faciales et de 42,5 l/min pour les masques utilisant deux filtres.

INTRODUCTION

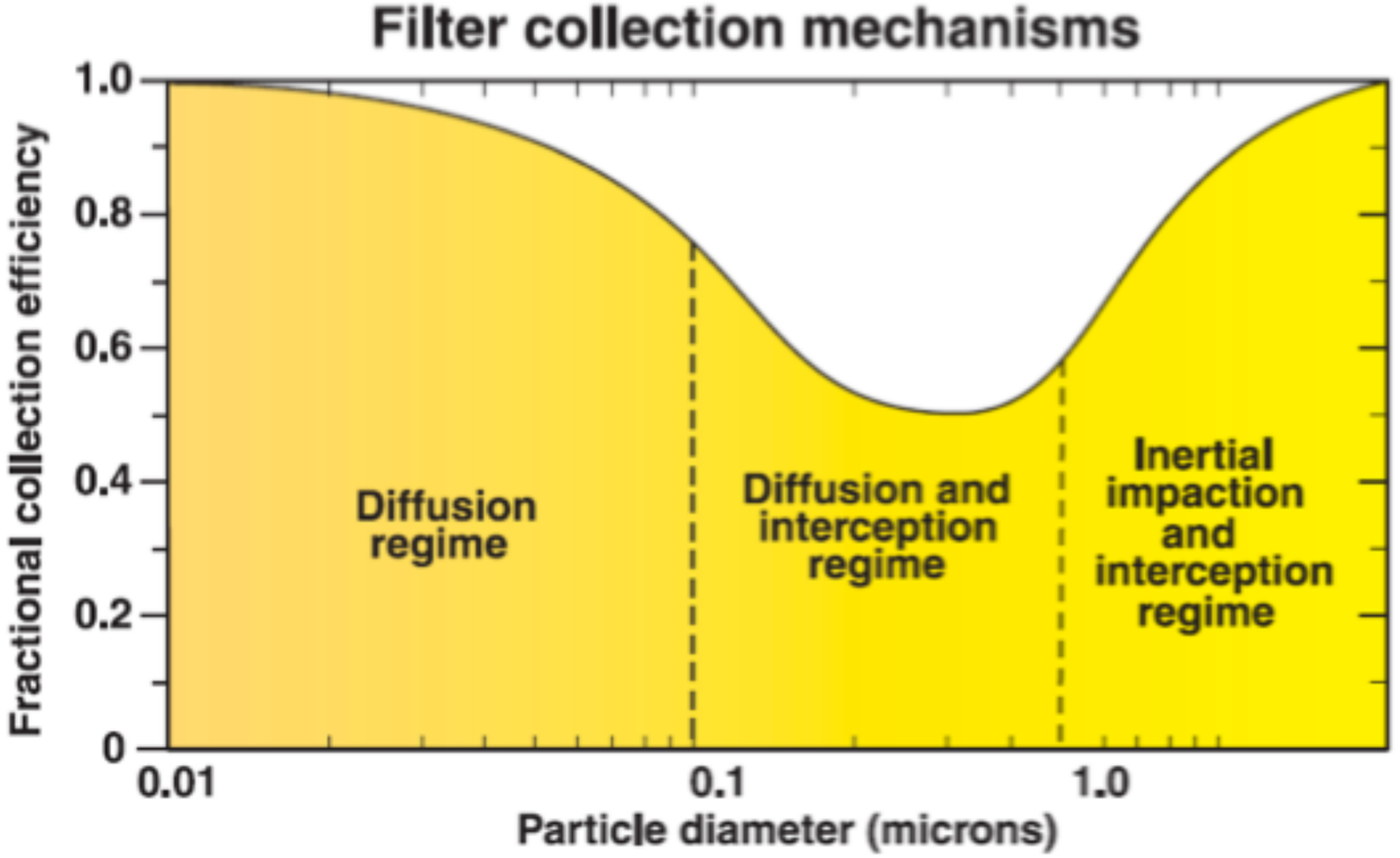
Brian Sharkey and Steven, Gaskill, Respiration, Respirators and Work Capacity, 3M JobHealth Highlights, Volume 1, Number 2, 2001.



Work vs. ventilation for the average worker.

www.irsst.qc.ca

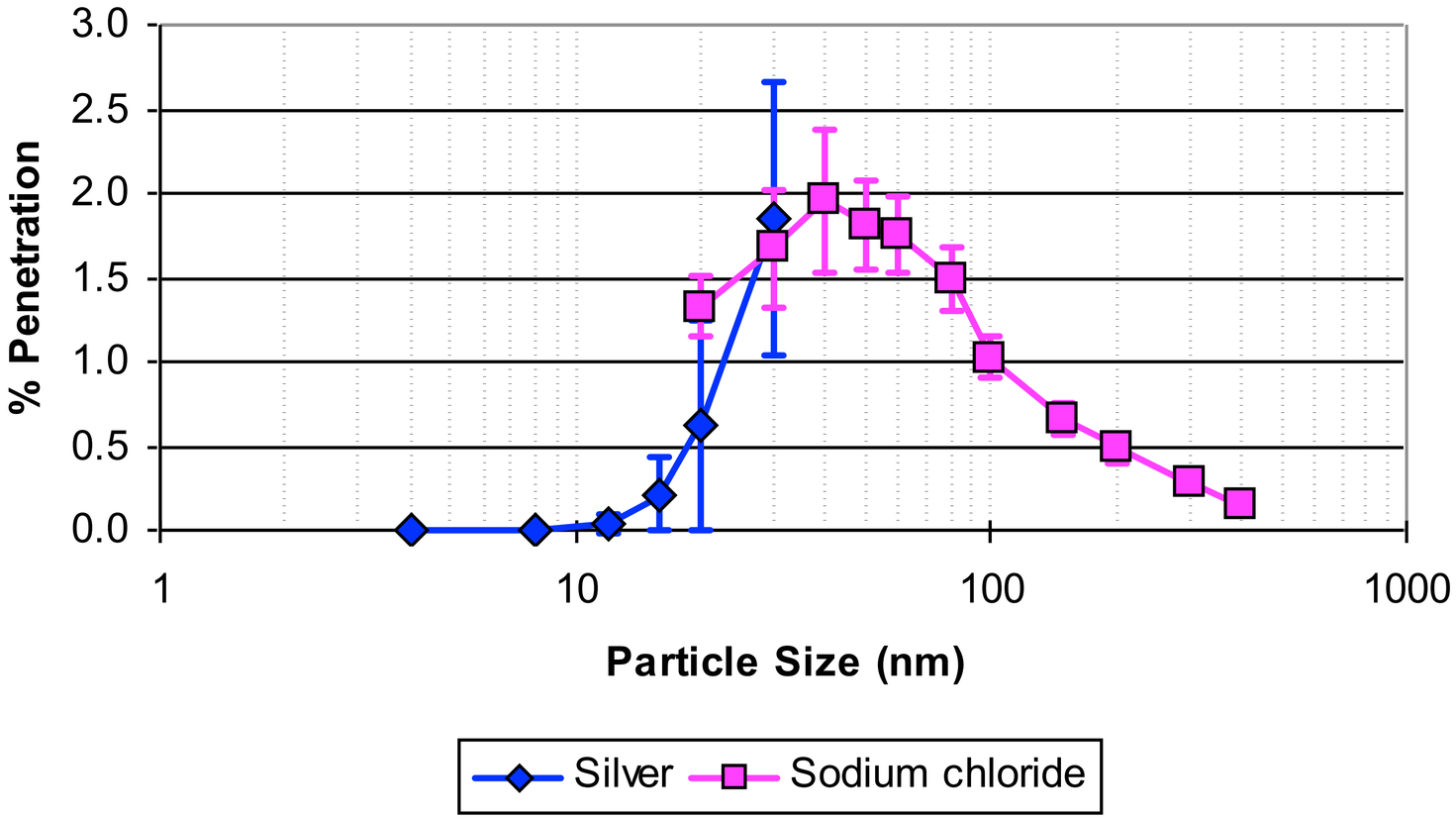
INTRODUCTION



www.irsst.qc.ca

INTRODUCTION

Performance des filtres N95 approuvés par NIOSH; FFPR (filter face piece respirator)
(Ron Shaffer & Samy Rengasamy, NPPTL/NIOSH)



n = 5; barre d'erreur représente la déviation standard
Débit de 85 l/min; filtres N95

www.irsst.qc.ca

OBJECTIFS

1. Développement de la procédure pour caractériser la performance des filtres.
2. Évaluation de la performance des filtres N95 des APR dans des conditions expérimentales reflétant différentes situations trouvées dans les milieux de travail.

   - Monodisperse vs polydisperse
   - Effet de l'humidité
   - Temps d'utilisation
   - Effet du débit

PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

- **Générateur « Collison 6-jet » (CN25, BGI)** est utilisé pour générer des **nanoparticules de NaCl polydisperses** de taille entre 15 et 200 nm.
- **Electrospray Aerosol Generator de TSI** Model 3480: RO génère des **nanoparticules de NaCl monodisperses** de taille entre 2 et 100 nm.
- **Scanning Mobility Particle Seizer** (SMPS - Model 3936, TSI) détermine la distribution granulométrique en terme de concentration des NP :
  - **Differential Mobility Analyzer** (DMA, Model 3081, TSI)
  - **Condensation Particle Counter** (CPC) (Model 3775, TSI)
- Les aérosols générés sont séchés par **un gel de silicone** avant leur **neutralisation par une source radioactive de Po-210** (Model 3012A, TSI)

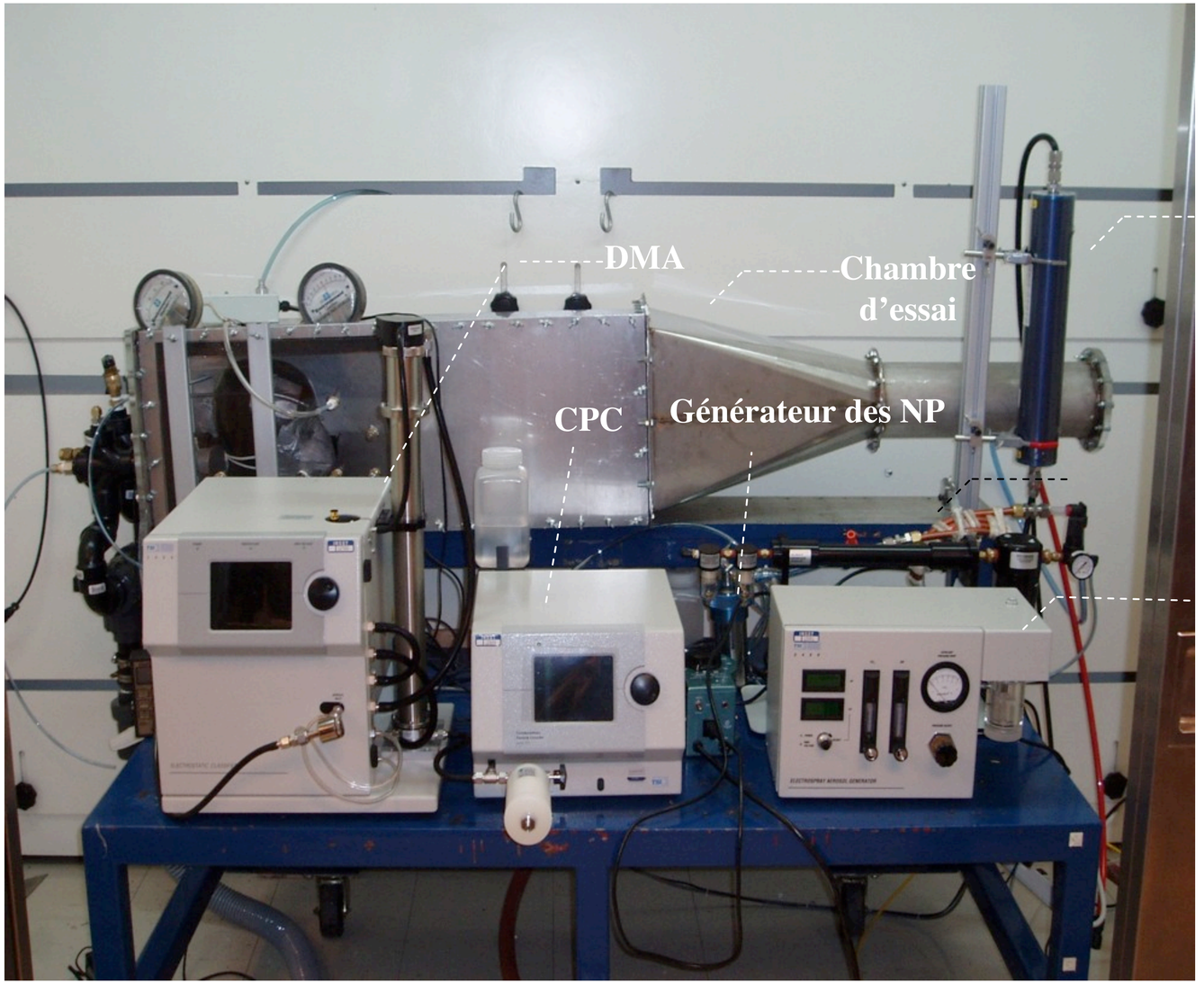
PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

- Pour des particules **monodisperses**, un Differential Mobility Analyzer (DMA, Model 3081, TSI) a été utilisé pour obtenir des particules à une taille donnée.

- Un Condensation Particle Counter (CPC) (Model 3775, TSI) mesure la concentration des NP avant et après le filtre. Le CPC fonctionne à 1,5 l/min.

- L'efficacité des filtres a été déterminée à 12 différentes tailles de particules (c.-à-d. 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 80, 100, 120, 160, et 200 nm) à des débit de 85 l/min.

MONTAGE EXPÉRIMENTAL



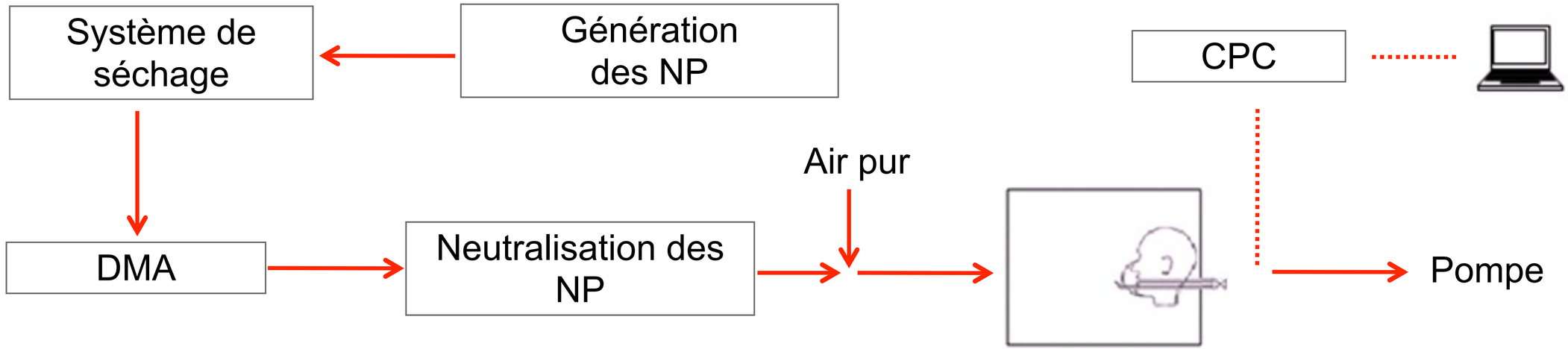
Source radioactive

Electrospray

www.irsst.qc.ca

MONTAGE EXPÉRIMENTAL

(a) Aérosols monodisperses

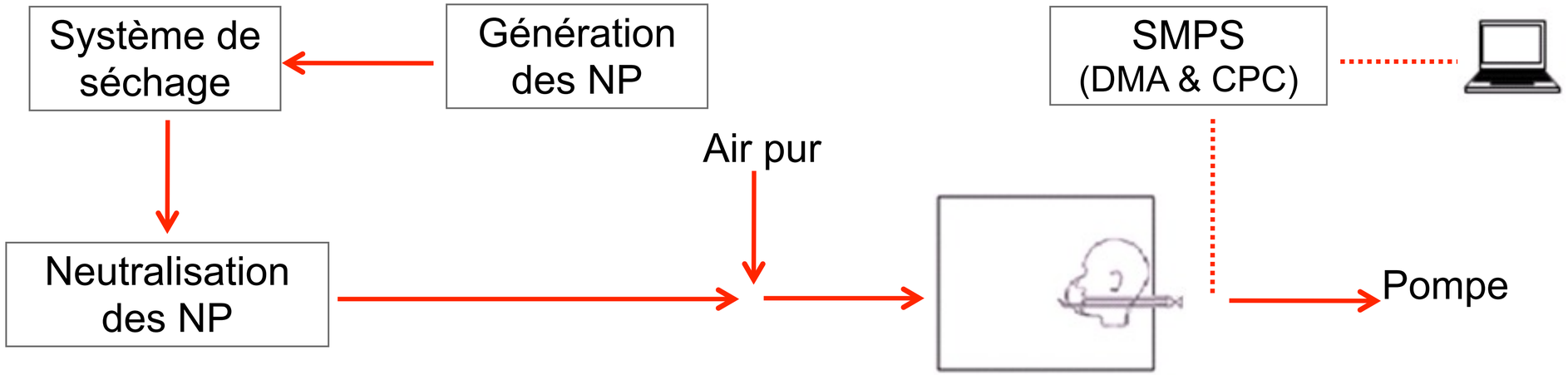


Pénétration des particules (%) = (C_{down}/C_{up})*100

www.irsst.qc.ca

MONTAGE EXPÉRIMENTAL

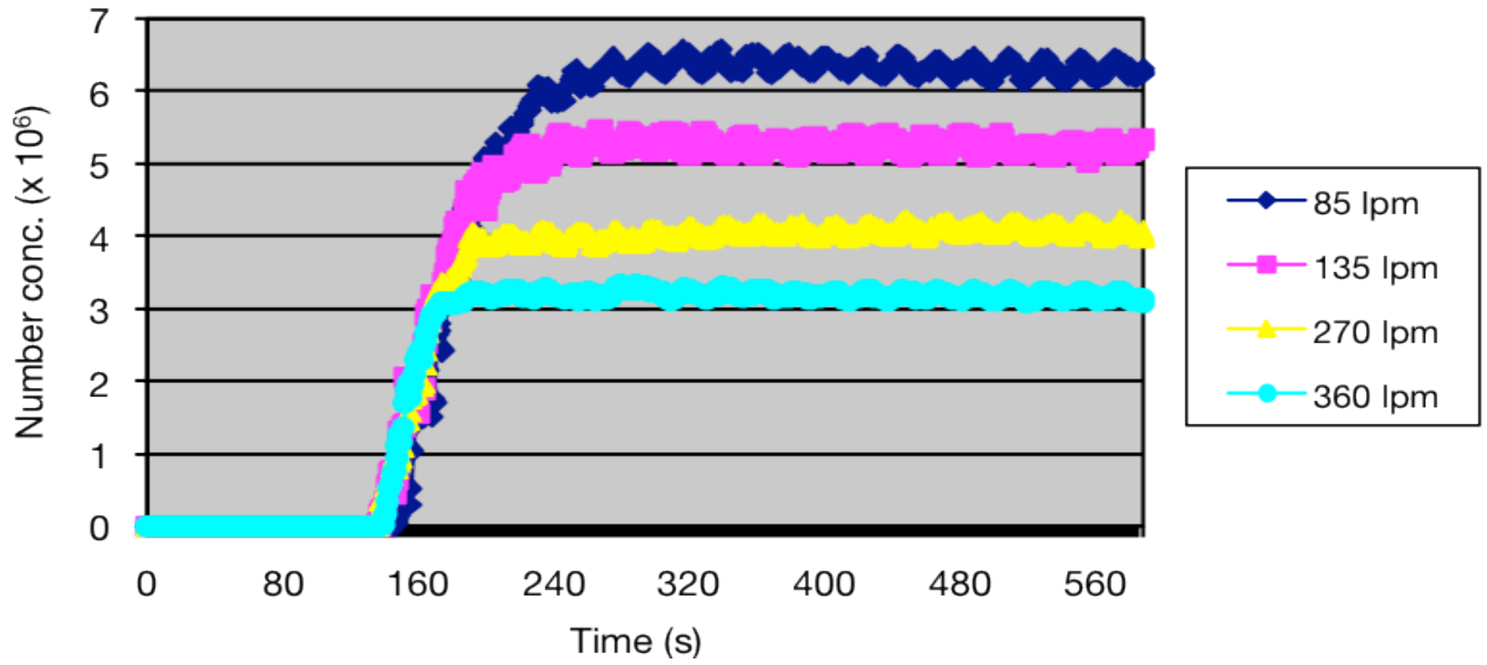
(b) Aérosols polydisperses



Pénétration des particules (%) = (C_{down}/C_{up})*100

www.irsst.qc.ca

STABILITÉ DE LA CONCENTRATION



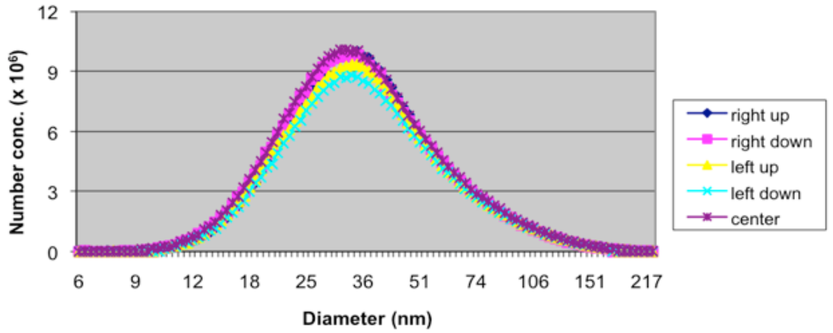
débit (L/min)	85	135	270	360
Temps de stabilisation (min)	1,95	1,35	0,82	0,57
conc. moy.(x 10^6 # cm^{-3})	6,33	5,24	4,04	3,18
S.D. (x 10^6 # cm^{-3})	0,10	0,10	0,10	0,06

www.irsst.qc.ca

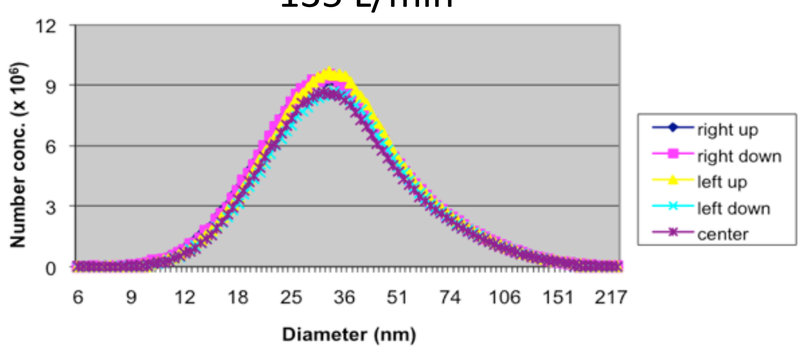
STABILITÉ DE LA CONCENTRATION

Uniformité dans la chambre

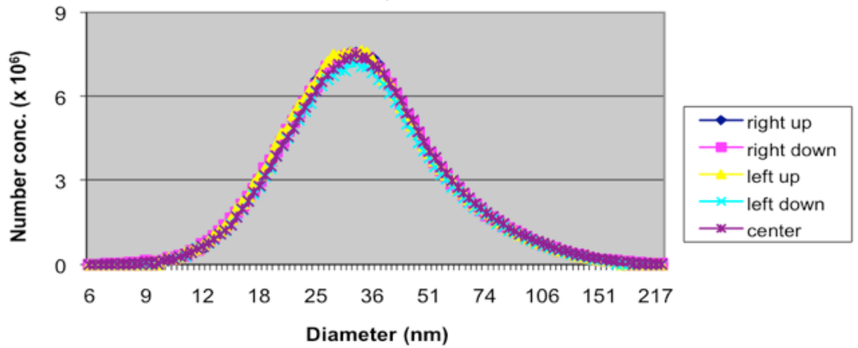
85 L/min



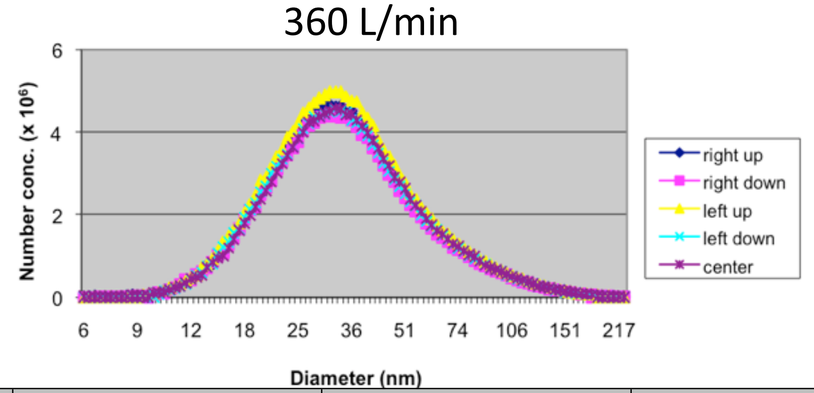
135 L/min



270 L/min



360 L/min



Débit (L/min)	85	135	270	360
Max (%)	7,88	9,78	5,49	8,83
Min (%)	1,87	2,67	0,59	3,30
Moy. (%)	4,33	4,79	2,77	5,24

Coefficient de variation (CV) = déviation standard/moyen
standard d'ASHRAE (2007) : CV < 15 %

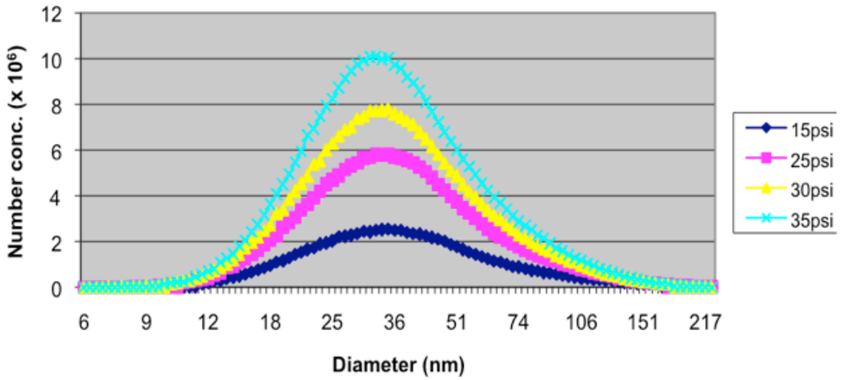
www.irsst.qc.ca

STABILITÉ DE LA CONCENTRATION

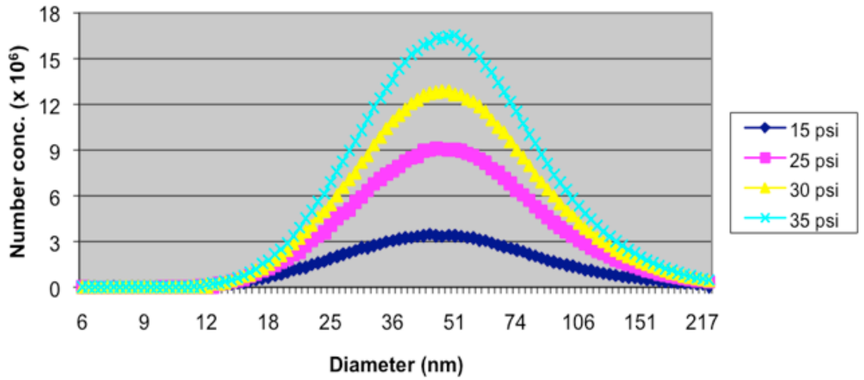
Granulométries dans différentes conditions

85 l/min

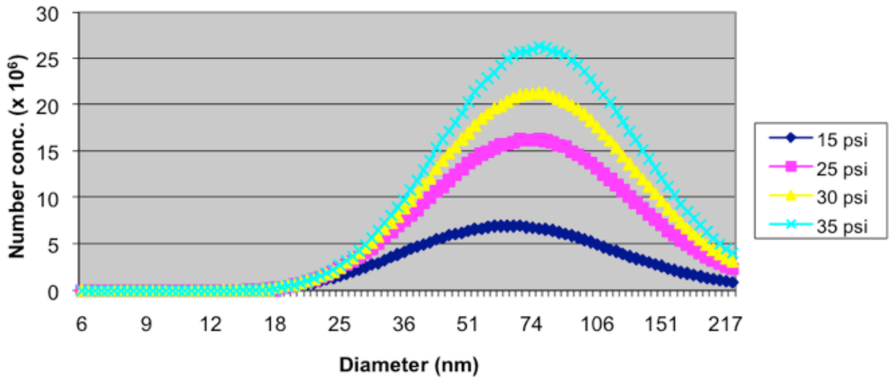
0,01% NaCl



0,1% NaCl

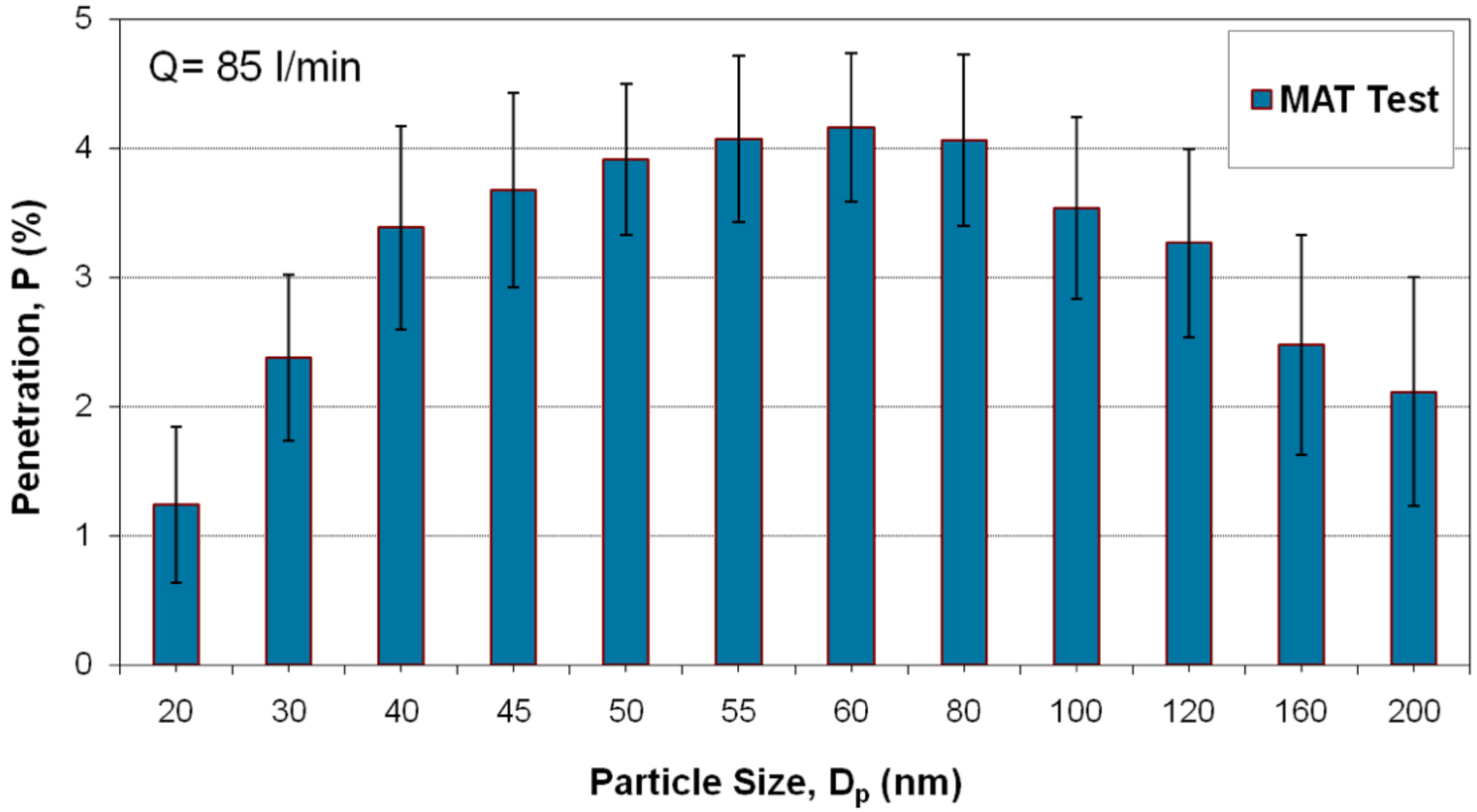


1% NaCl



www.irsst.qc.ca

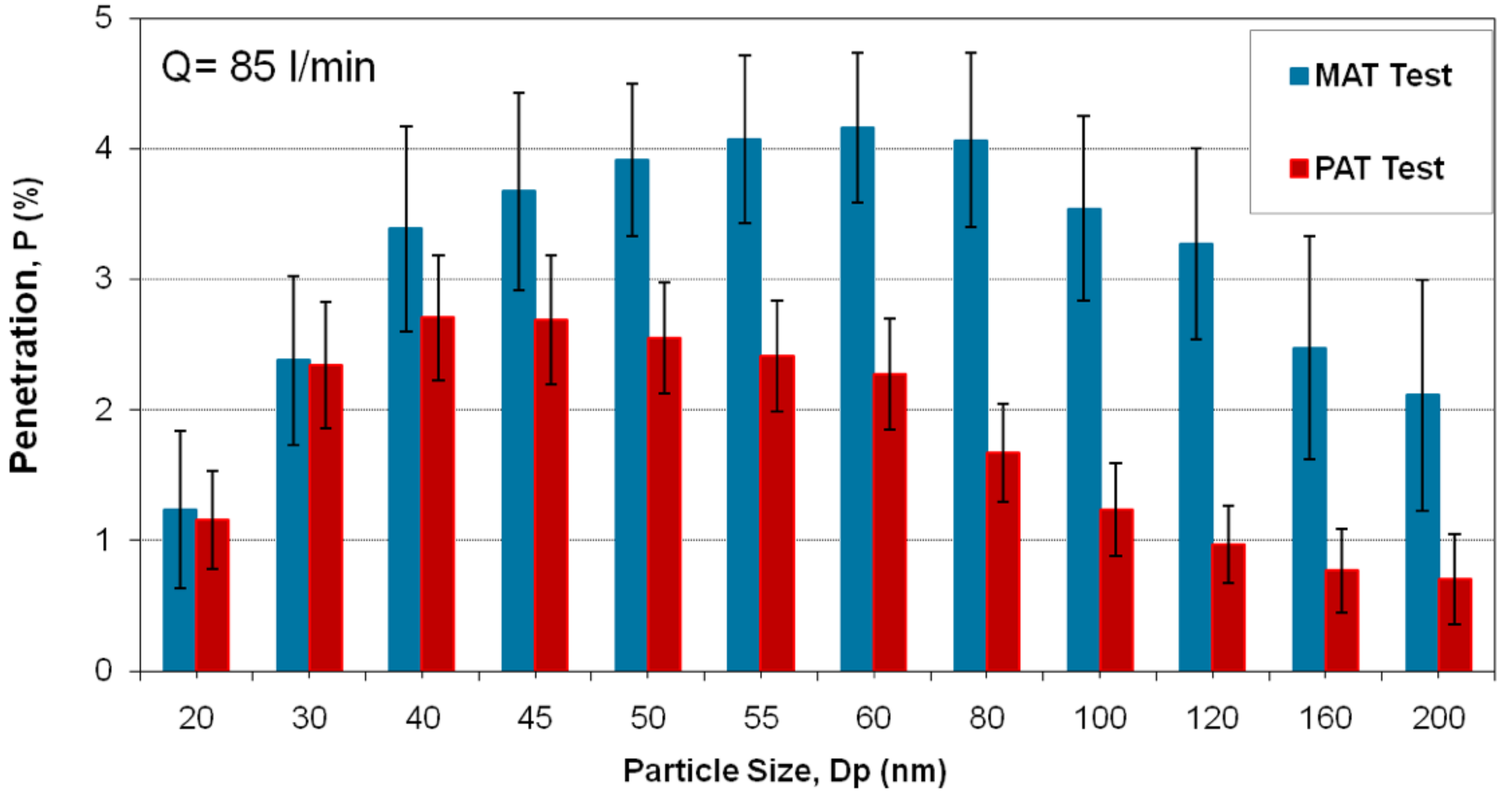
TECHNIQUE MONODISPERSE



Pénétration des particules monodisperse
(Q = 85 l/min)

www.irsst.qc.ca

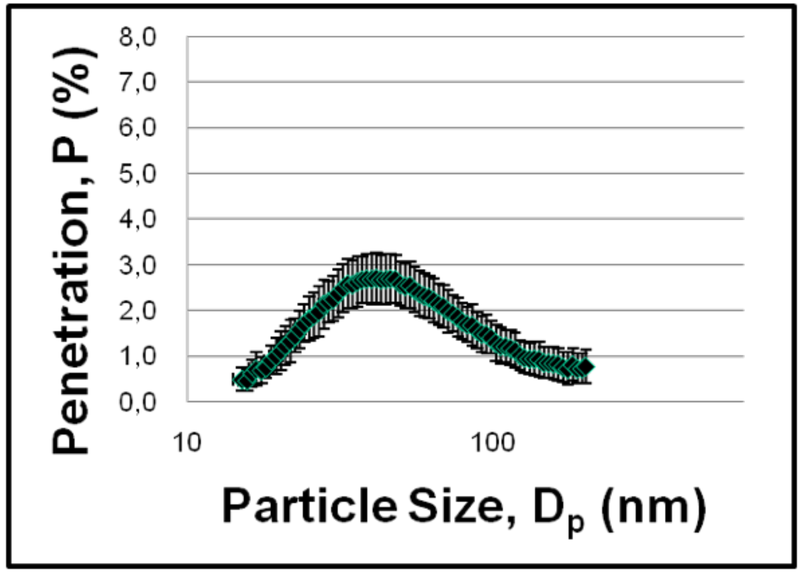
MONO *vs* POLYDISPERSE



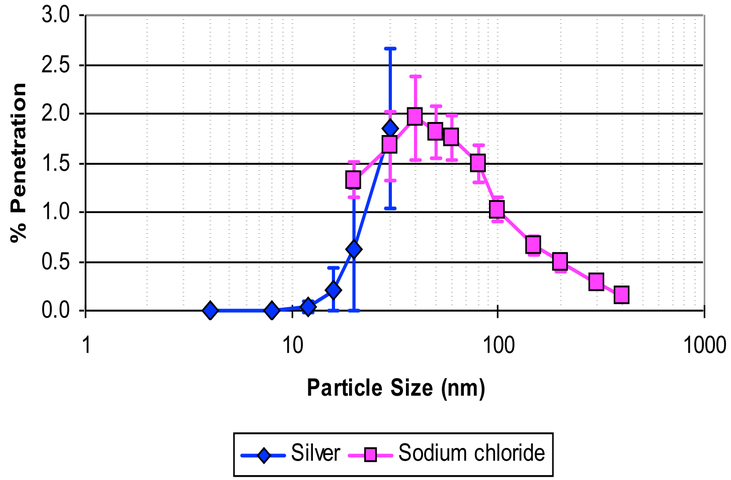
Pénétration des particules monodisperse vs polydisperse (Q = 85 l/min)

www.irsst.qc.ca

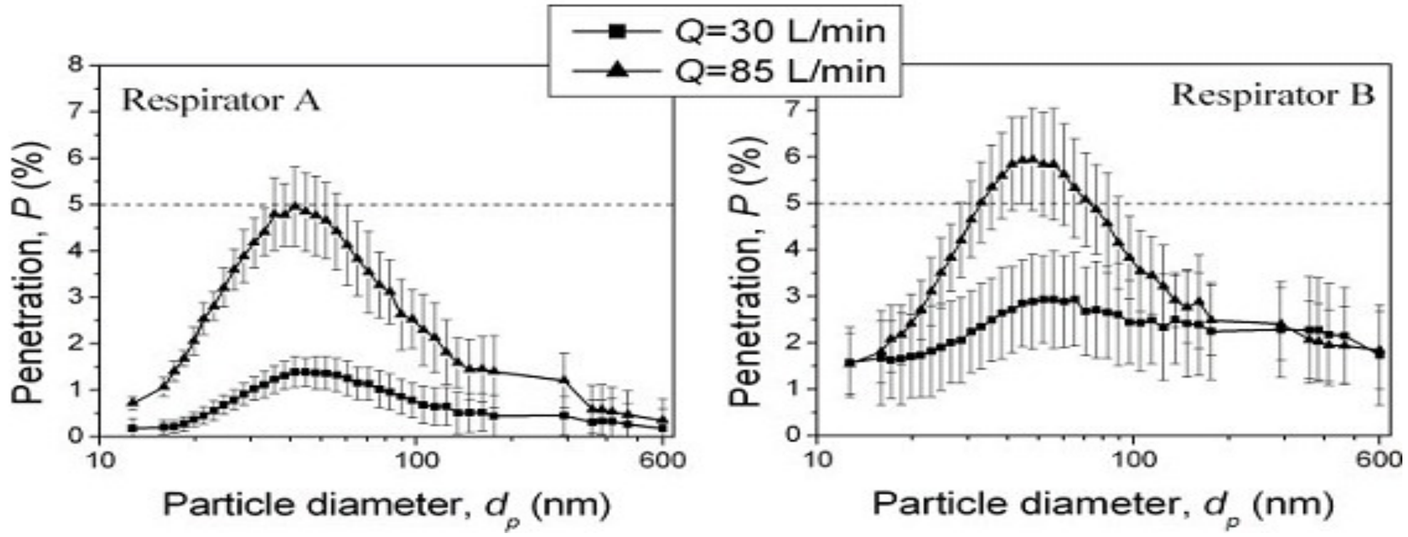
VALIDATION



(Ron Shaffer & Samy Rengasamy, NPPTL/NIOSH)



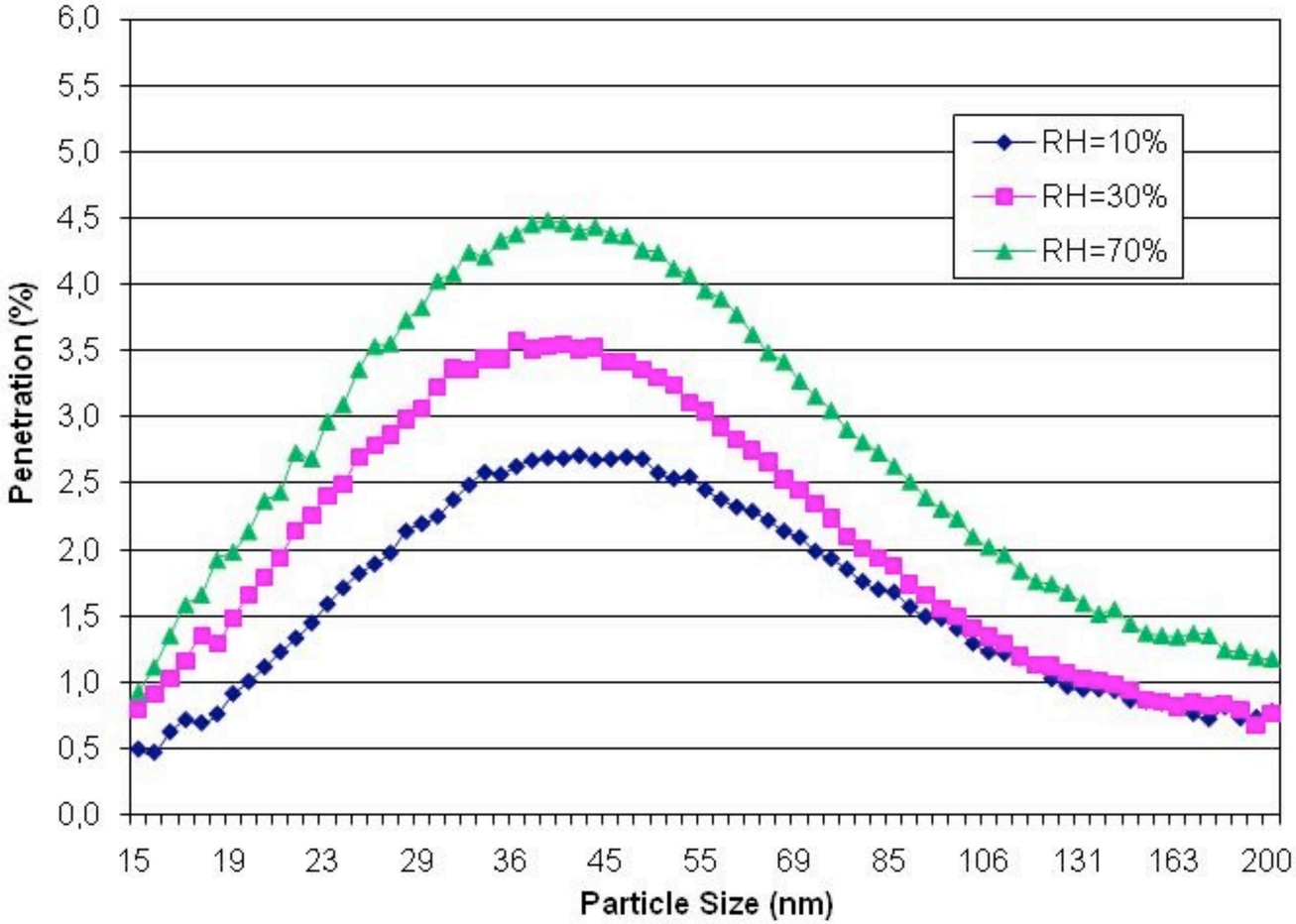
A. Bałazy *et al.*



www.irsst.qc.ca

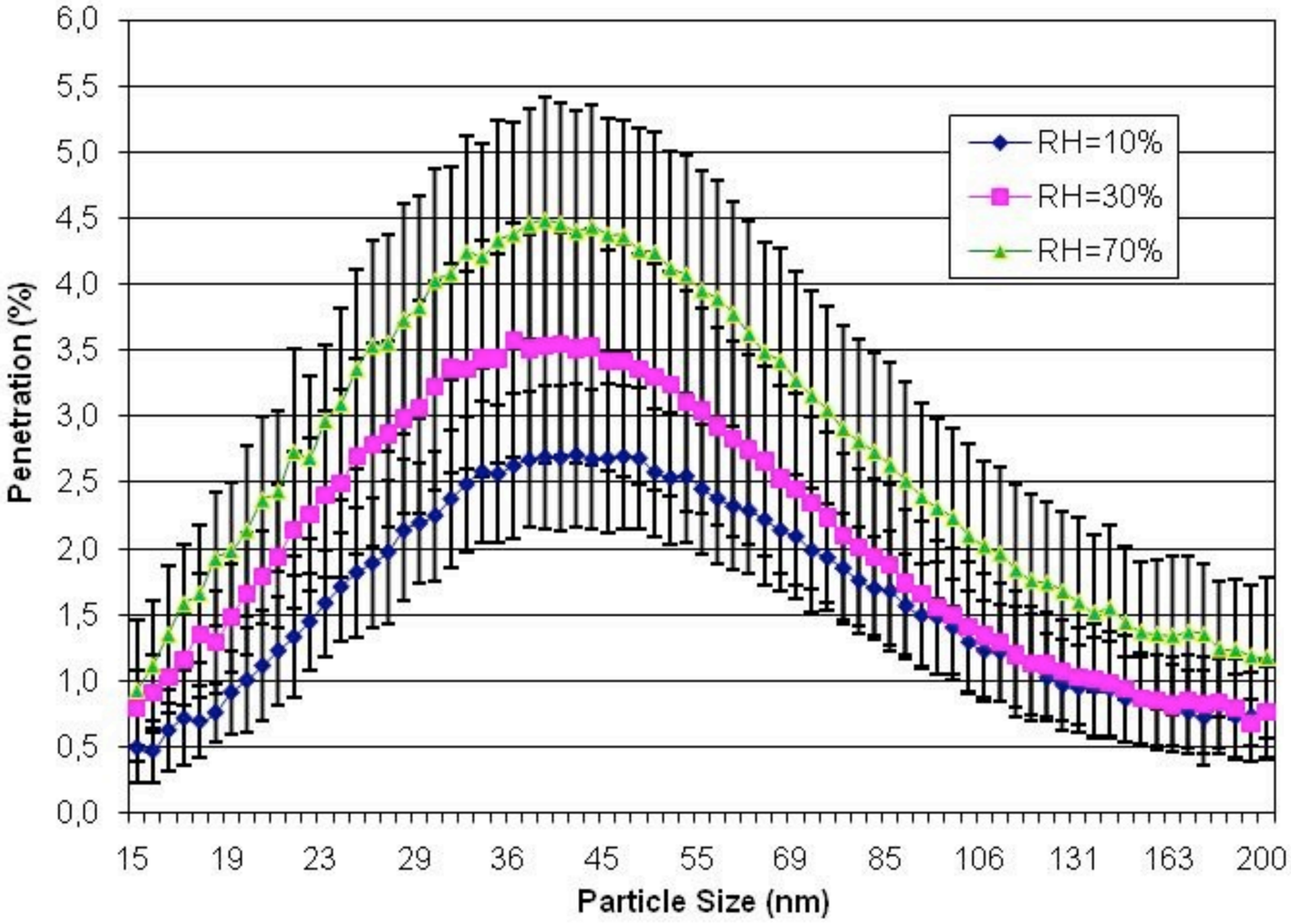
HUMIDITÉ RELATIVE

Effet de l'humidité, RH, pour Q = 85 l/min



www.irsst.qc.ca

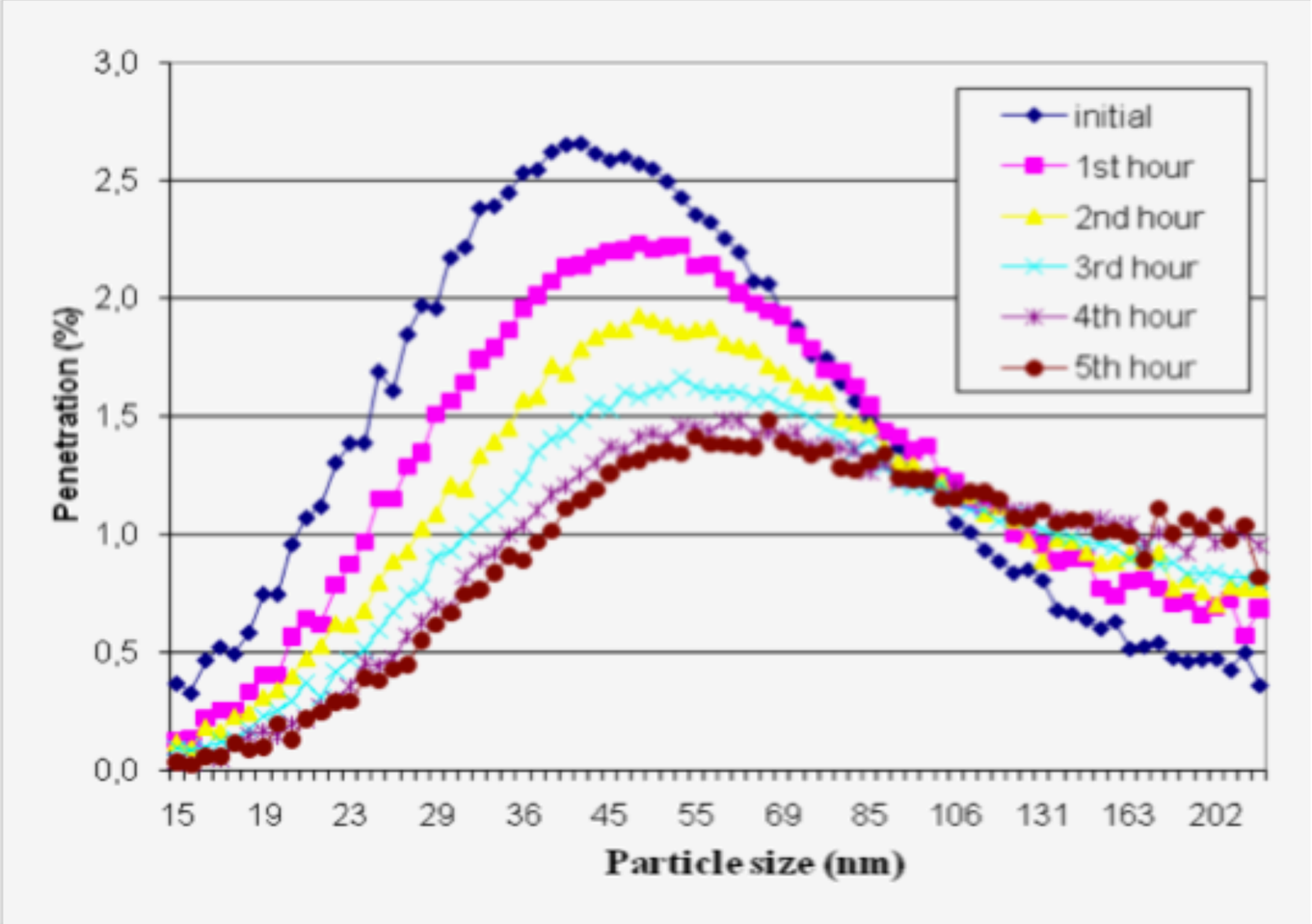
HUMIDITÉ RELATIVE



www.irsst.qc.ca

TEMPS D'UTILISATION

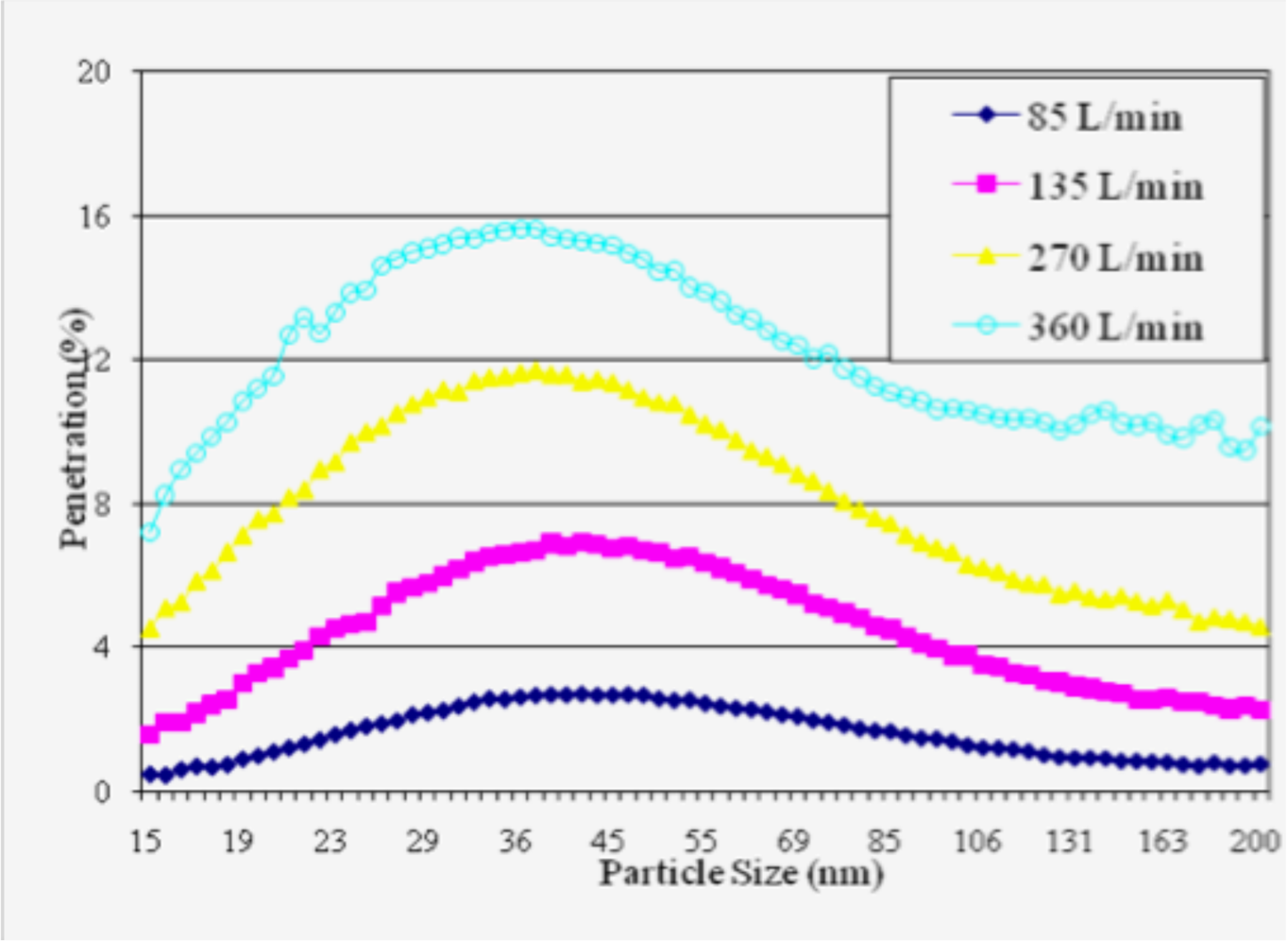
Effet du temps d'utilisation pour Q = 85 l/min



www.irsst.qc.ca

EFFET DU DÉBIT

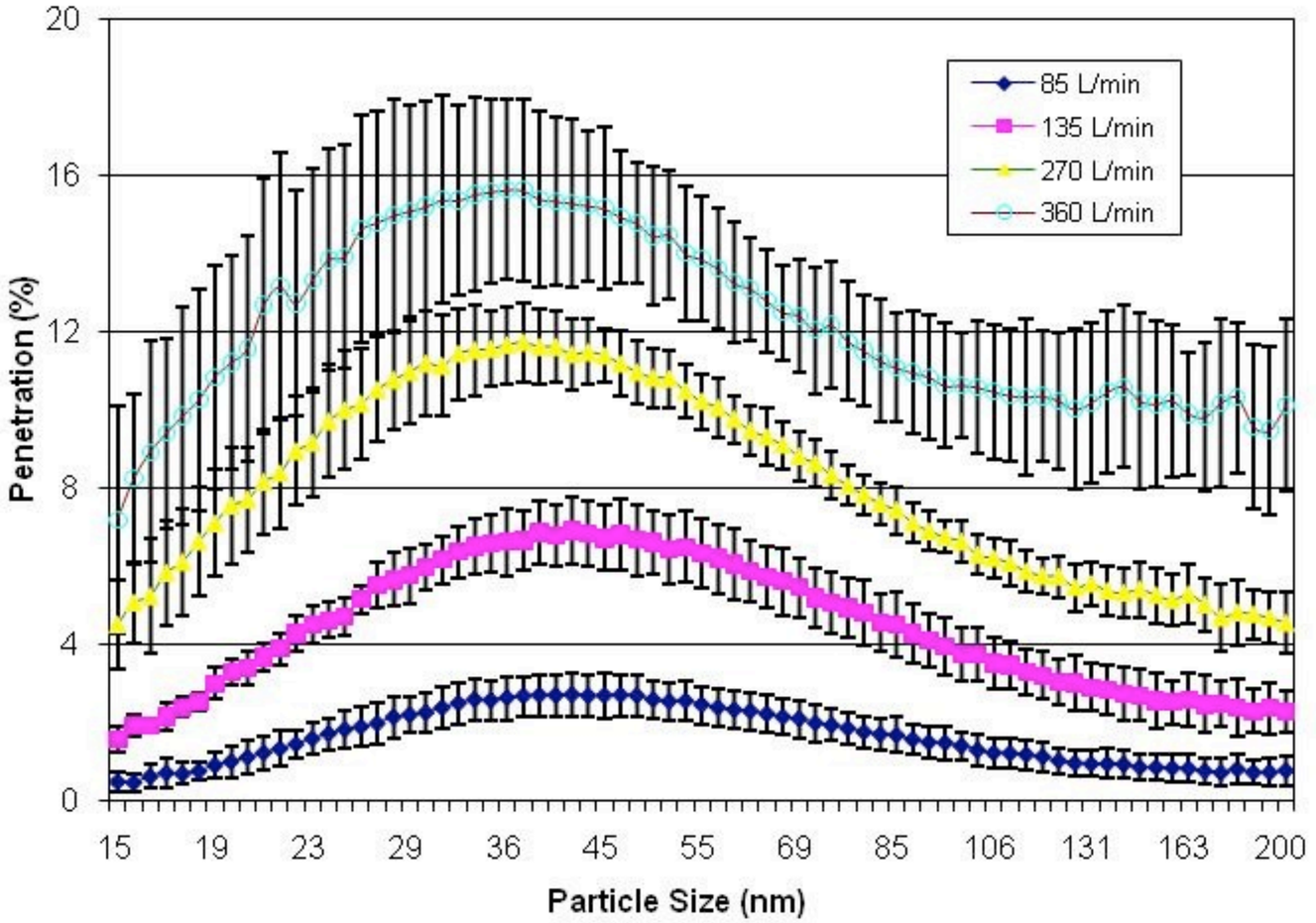
Effet du débit sur la pénétration des particules



www.irsst.qc.ca

EFFET DU DÉBIT

Effet du débit sur la pénétration des particules



www.irsst.qc.ca

CONCLUSION

- Mise en place d'un montage expérimental d'évaluation des filtres N95 pour les NP

- Comparaisons – entre des tests polydisperses et monodisperses

- Validation des résultats pour Q = 85 l/min

CONCLUSION

Les principaux résultats de cette étude ont démontré que :

- l'efficacité des filtres N95 est légèrement affectée par l'humidité;
- l'efficacité des filtres N95 augmente avec le temps d'utilisation;
- les protocoles utilisés par NIOSH pour approuver les filtres ne tiennent pas compte :
  - des grands débits atteints lors des pics maximums d'une personne qui effectue un effort élevé;
  - de la pénétration maximale pour les filtres électrostatiques pour les NP.

Perspectives : débits cycliques, autres filtres, problèmes d'étanchéité