

CARACTÉRISATION DES PERFORMANCES DES MASQUES BARRIÈRE À USAGE NON SANITAIRE

WEBINAIRE SF2P 2021

Dr. Soleiman Bourrous¹, Mathieu Barrault¹, Dr. Victor Mocho¹, Stéphane Poirier¹, Dr. François-Xavier Ouf¹, Dr. Nathalie Bardin-Monnier²,
Dr. Augustin Charvet², Prof. Dominique Thomas², Dr. Alexandre Bescond³, Dr. Axel Fouqueau³, Tatiana Mace³, Dr. François Gaie-
Levre³

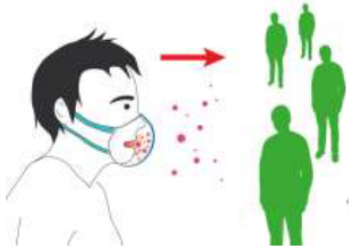
¹Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, Gif-Sur-Yvette, 91192, France.

²Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000 Nancy, France

³Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), 75015 Paris, France

Introduction des spécifications « masques grand public* »

Spécifications AFNOR (27/03/2020) et note d'information interministérielle (29/03/2020) :



- » Protection de l'environnement vis-à-vis du porteur
- » Réduction à la source des aérosols émis par l'activité respiratoire du porteur
- » Usage non sanitaire

- Guide de fabrication de masques dits « barrières » (AFNOR S76-001) :
 - Proposition de patrons, de mode de couture et de textiles adaptés aux spécifications proposées.
- Grandeurs caractérisant la performance de filtration :
 - Respirabilité : associée au confort de port du masque et définie par la perméabilité à l'air ($L.m^{-2}.s^{-1}$)
 - Capacité du matériau à retenir les particules émises : exprimée par l'efficacité de filtration (%)

***Dans la présente communication, les spécifications sur le plan de la filtration étant très proches, entre les masques barrières et « UNS », nous les qualifierons, sans distinction, de « masques grand public »**

AFNOR SPEC S76-001

28 Avril 2020

Version 1.10



Fabrication en série et confection artisanale



Figure 0-04-0183

NOTE d'INFORMATION du 29 mars 2020
Mise à jour le 22 juillet

Objet : nouvelles catégories de masques réservées à des usages non sanitaires

- P.J. :
1. Avis de l'ANSM du 24 mars 2020
 2. Avis de l'ANSM du 22 mars 2020 révisé le 21 avril 2020
 3. Avis de l'ANSES du 20 mars 2020
 4. Avis de l'ANSM du 23 juin 2020 sur les masques à fondre
 5. Foru aux questions sur les masques
 6. Les différents types de masques

La situation sanitaire sans précédent que connaît la France provoque une très forte hausse des besoins en masques de protection.

I – Définition des catégories et prescriptions d'usage

Dans le prolongement des avis de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) du 24 mars 2020 portant sur la place de masques alternatifs du tissu dans le contexte de l'épidémie à COVID-19 et du 26 mars 2020 (révisé le 21 avril 2020) précisant le protocole de traitement permettant une réutilisation des masques, il est créé deux nouvelles catégories de masques exclusivement réservées à des usages non sanitaires destinés à prévenir les projections de gouttelettes et leurs conséquences, définies comme suit :

Catégorie 1 : Masque individuel à usage des professionnels en contact avec le public.

Ce masque est destiné aux personnels affectés à des postes ou missions comportant un contact régulier avec le public.

Catégorie 2 : Masque à visée collective pour protéger l'ensemble d'un groupe portant ces masques.

Ce masque est destiné aux personnes dans le milieu professionnel ayant des contacts occasionnels avec d'autres personnes.

Caractérisation de la perméabilité et de l'efficacité de filtration

- Dans la présente étude nous avons appliqué la méthode la plus employée
 - Cette méthode consiste à mesurer la perméabilité de l'échantillon pour une perte de charge de 100 Pa. **Dans ces conditions**, la **perméabilité** à l'air doit être **supérieure à 96 L.m⁻².s⁻¹**
- L'efficacité de filtration $E(d_p)$ est définie par :

$$E(d_p) = 1 - \frac{C_{aval}(d_p)}{C_{amont}(d_p)}$$

- Selon les spécifications^{1,2}, l'efficacité de filtration doit être mesurée pour :
 - Un diamètre de particules de **3 +/- 0,5 µm**
 - Une vitesse de filtration comprise entre **5 et 6 cm/s**,**Dans ces conditions**, l'**efficacité de filtration** doit être a minima supérieure à **70 %** (portée à 90% suite à l'émergence du variant dit « britannique »)

→ Il existe une certaine liberté pour la mesure de l'efficacité de filtration

¹<https://masques-barrieres.afnor.org/>

²<https://www.entreprises.gouv.fr/fr/covid-19/covid-19-informations-relatives-aux-masques-grand-public>

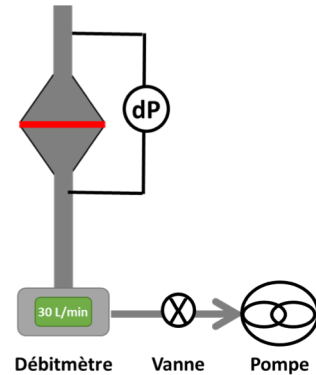


Illustration de la méthode 4 de caractérisation de la respirabilité de masques grand public

Problématiques

- Les recommandations sont elles suffisantes pour garantir la comparabilité des mesures de différents laboratoires?
 - Caractéristiques de l'aérosol d'essai : composition, nature, distribution granulométrique, concentration.
 - Instruments de mesure, type de grandeur mesurée (nombre ou masse de particules) et protocoles.
- Les spécifications permettent elles de proposer les matériaux les plus judicieux en terme de performances de filtration ?

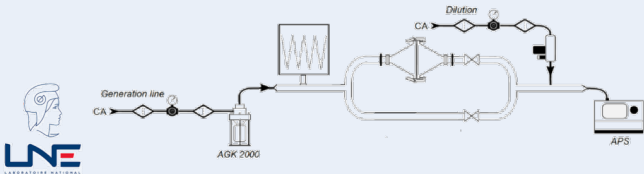
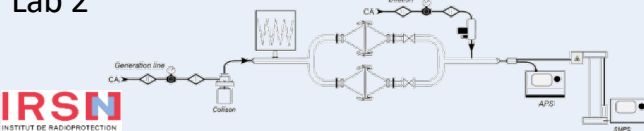
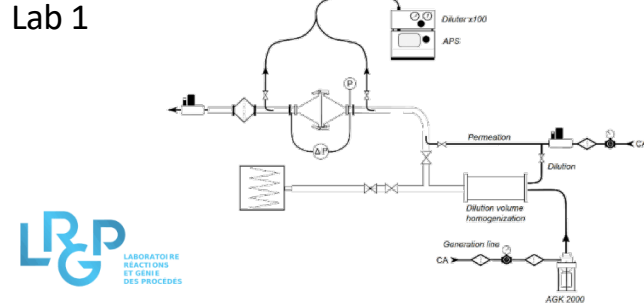
Objectifs

- Réaliser une comparaison **inter-laboratoires** entre trois laboratoires impliqués dans la caractérisation des masques grand public



- Analyser les résultats obtenus dans le cadre de la pandémie pour un grand nombre de matériaux et discuter de leurs performances dans le cadre et au-delà des spécifications prescrites

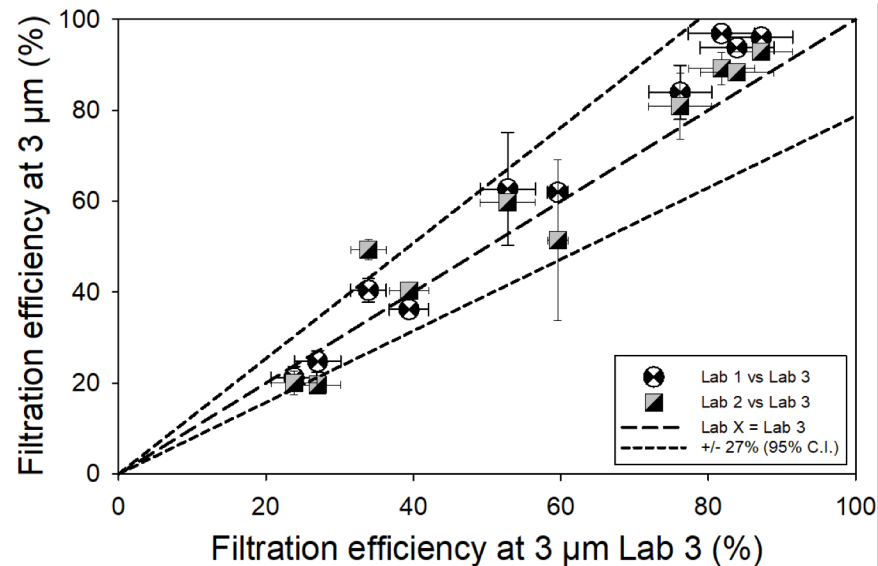
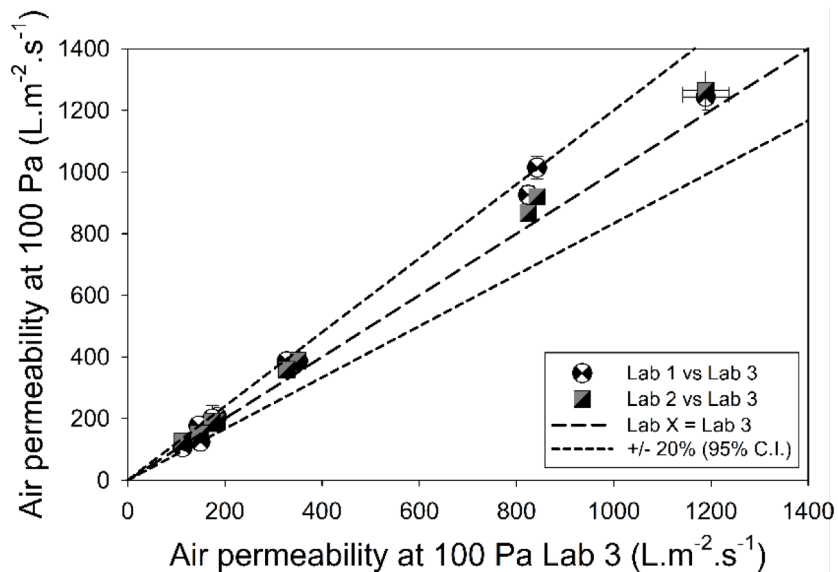
Protocoles de caractérisation de l'efficacité de filtration considérés dans cette étude

	Type d'aérosol	Instrument	Protocole
<p>Lab 3 : Référence</p>  <p>LNÉ LABORATOIRE NATIONAL DE NUCLÉAIRE</p>	<p>Sphères de latex PSL Solide Monodisperse <u>Certifiée à 3 μm</u></p>	<p>Granulomètre APS TSI</p>	<p>Double conduite</p>
<p>Lab 2</p>  <p>IRSN INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE</p>	<p>Sel NaCl Solide <u>Polydisperse</u></p>	<p>Diamètre aérodynamique 0,5 -20 μm</p>	
<p>Lab 1</p>  <p>LR&P LABORATOIRE REACTIIONS ET GÈNES DES PROCÉDES</p>	<p>Huile DEHS <u>Liquide</u> Polydisperse</p>	<p>Comptage en nombre des particules</p>	<p><u>Simple conduite</u></p>

Inter-comparaison des protocoles mis en œuvre par les trois laboratoires

■ **Comparaison inter-laboratoires sur 10 échantillons non tissés** composant des masques grand public.

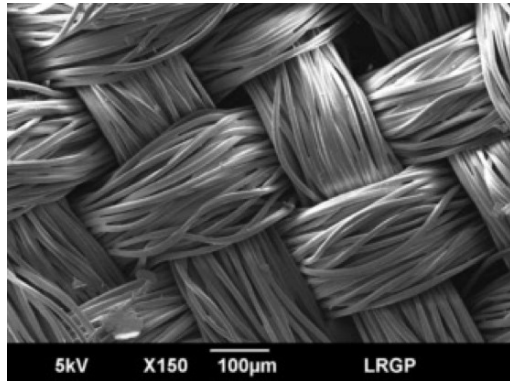
- Perméabilité à l'air entre 100 et 1200 L.m⁻².s⁻¹, efficacité de filtration à 3 μm entre 30 et 90 %.
- Lab 3 (particules solides certifiées à 3 μm) considéré comme référence.



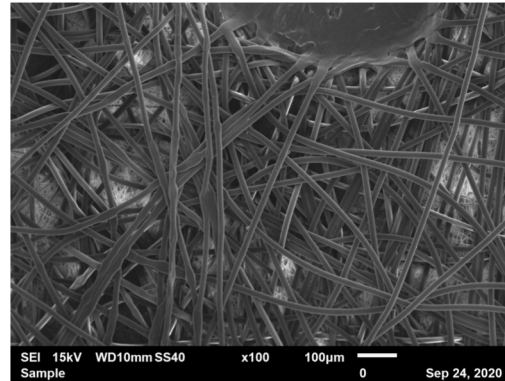
→ **Bon accord pour la perméabilité à l'air et l'efficacité de filtration à 3 μm** : les différences dans les protocoles n'induisent pas de disparités sur les performances mesurées.

Présentation des matériaux composant les masques « grand public »

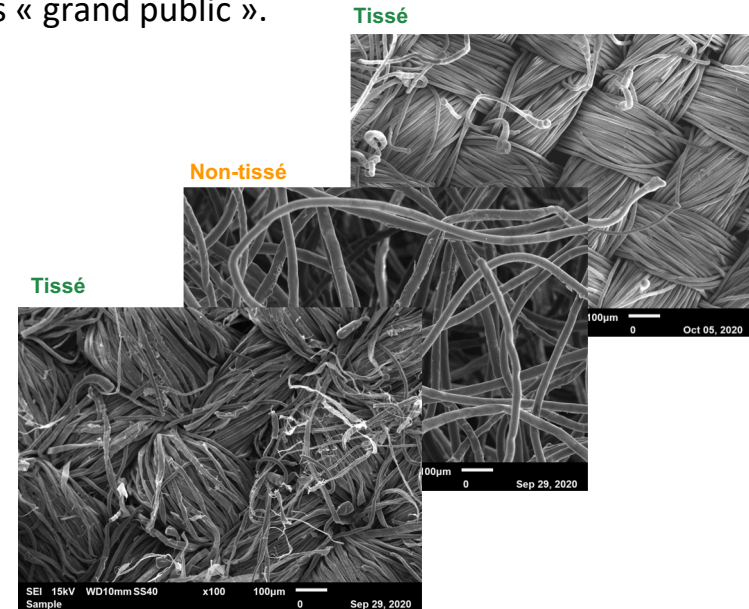
- Sollicitation pendant le premier confinement par des industriels, collectivités, particuliers (> 600).
- Caractérisation de 233 échantillons composant des masques « grand public ».
 - 160 échantillons **tissés** (mailles $\gg 3 \mu\text{m}$)
 - 33 échantillons **non-tissés**
 - 40 échantillons mixtes



Echantillon tissé



Echantillon non-tissé

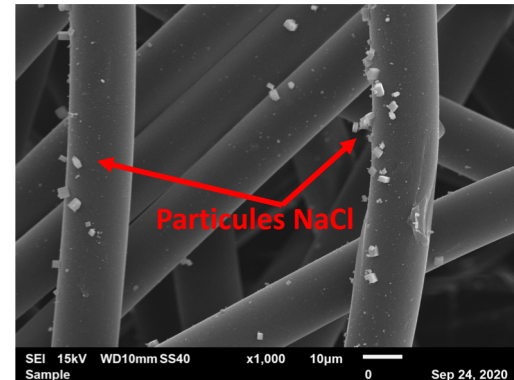
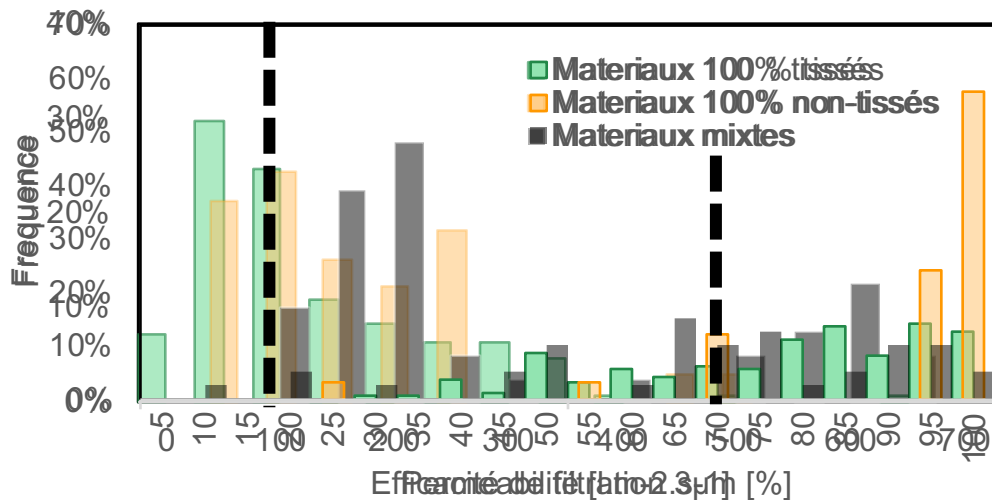


Echantillon mixte multi-couches

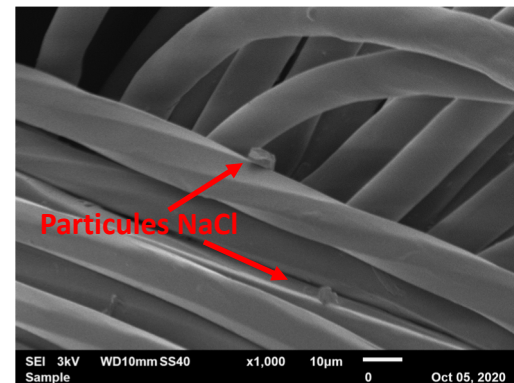
Caractéristiques des masques testés : analyse statistique

■ Analyse statistique des performances pour l'ensemble des résultats des laboratoires de l'étude.

- 70 % des échantillons > 96 L.m⁻².s⁻¹
- Dans ces 70 %, ½ avec efficacité de filtration à 3 µm > 70 %
- Les matériaux **non-tissés** retiennent généralement plus de particules que les tissés (efficacité de filtration plus élevée).



Echantillon non-tissé



Echantillon tissé

Discussion des résultats expérimentaux : quand le mieux est l'ennemi du bien.

- Les matériaux **non-tissés** sont généralement plus efficaces (> 90 %) mais présentent des **perméabilités plus restreintes**.
- Pour les matériaux **tissés et mixtes**, l'**efficacité de filtration diminue avec la perméabilité**, néanmoins aucune corrélation ne peut être proposée.
- Aucun matériau **tissé** ne présente une perméabilité > 200 L.m⁻².s⁻¹ et une efficacité de filtration à 3 μm > 90%.

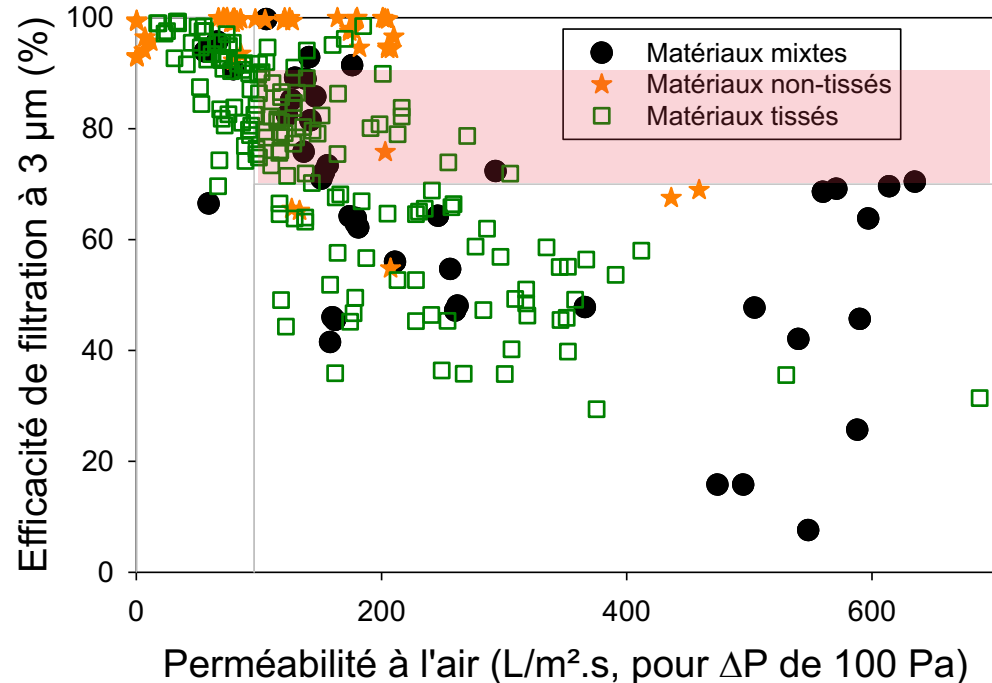
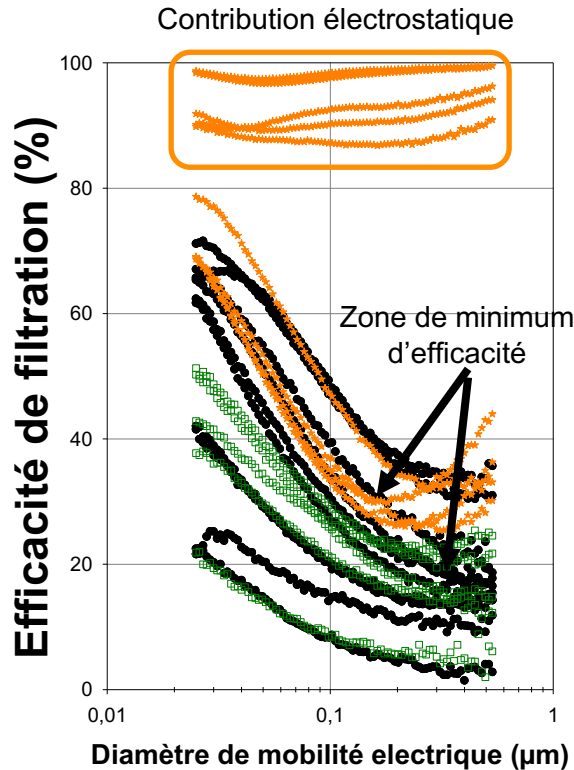


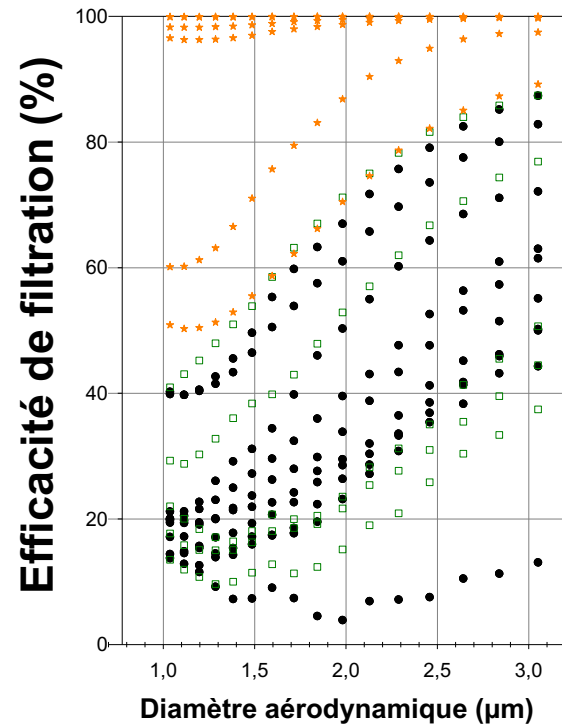
Illustration de l'efficacité spectrale de filtration

Matériaux mixtes ●
Matériaux tissés □
Matériaux non-tissés ★

- La zone de **minimum d'efficacité** couvre une gamme **plus large** de diamètres pour les **matériaux tissés**.
- Les **fortes valeurs d'efficacité** de filtration reportées pour certains non-tissés sont liées à leur **état de charge** : matériaux similaires à ceux des « FFP2 ».



Régime de diffusion



Régime inertie/interception

Conclusions et perspectives des travaux réalisés sur les masques grand public

- **Exercice de comparaison inter-laboratoires** : les protocoles donnent des résultats similaires en termes de perméabilité à l'air et d'efficacité de filtration.
- **Diminution** important de l'**efficacité de filtration à 3 μm** avec la **perméabilité** des matériaux **tissés et mixtes**.
- **Aucun matériau tissé** ne présente une **perméabilité** $> 200 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ et une **efficacité à 3 μm** $> 90 \%$.
- Perspectives :
 - **Poursuivre l'effort sur la définition des critères pour les masques « sportifs » ou « à fenêtre »** :
Surface de filtration différente, débit d'air expiré différents \rightarrow impact de la vitesse de filtration
conditions d'utilisation différente \rightarrow Impact de l'eau (pluie, condensation...), temps de port ...
 - **Analyse du choix des matériaux** : *ce critère est il suffisant pour assurer une protection efficace contre les émissions*

Merci pour votre attention

Bourrous, S., Barrault, M., Mocho, V., Poirier, S., Bardin-Monnier, N., Charvet, A., Thomas, D., Bescond, A., Fouqueau, A., Mace, T., Gaie-Levrel, F., Ouf, F., (2021). A Performance Evaluation and Inter-laboratory Comparison of Community Face Coverings Media in the Context of COVID-19 Pandemic. Aerosol Air Qual. Res. <https://doi.org/10.4209/aaqr.200615>

Remerciements

Cécile BODIOT, Bernadette DHIEUX, Céline MONSANGANT-LOUVET (IRSN), le DIM Qi² et la région Ile-De-France pour le financement du banc d'essais « CAREM »



CARACTÉRISATION DES PERFORMANCES DES MASQUES BARRIÈRE À USAGE NON SANITAIRE – WEBINAIRE SF2P 2021

Dr. Soleiman Bourrous¹, Mathieu Barrault¹, Dr. Victor Mocho¹, Stéphane Poirier¹, Dr. François-Xavier Ouf¹, Dr. Nathalie Bardin-Monnier²,
Dr. Augustin Charvet², Prof. Dominique Thomas², Dr. Alexandre Bescond³, Dr. Axel Fouqueau³, Tatiana Mace³, Dr. François Gaie-
Levrel³

¹Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), PSN-RES, SCA, Gif-Sur-Yvette, 91192, France.

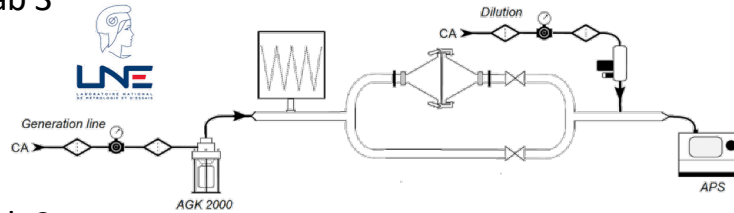
²Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000 Nancy, France

³Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), 75015 Paris, France

Protocoles de caractérisation de l'efficacité de filtration considérés dans cette étude

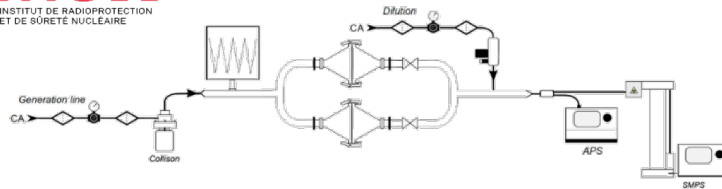
Méthode double conduite

Lab 3



Lab 2

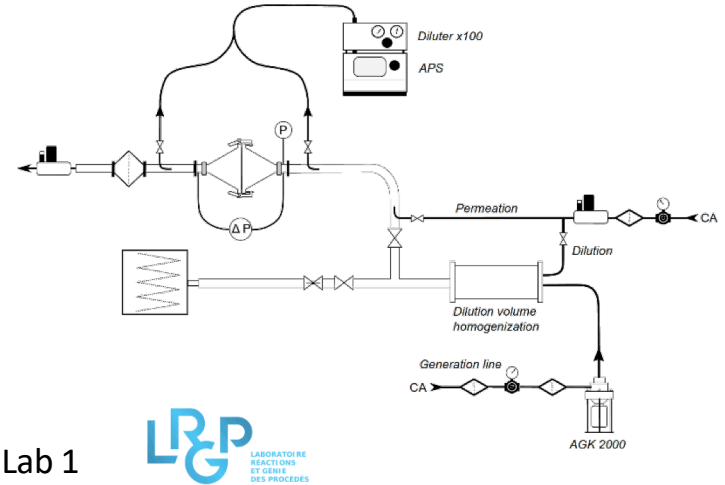
IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Colmatage retardé du matériau
Similarité des deux conduites

Méthode simple conduite

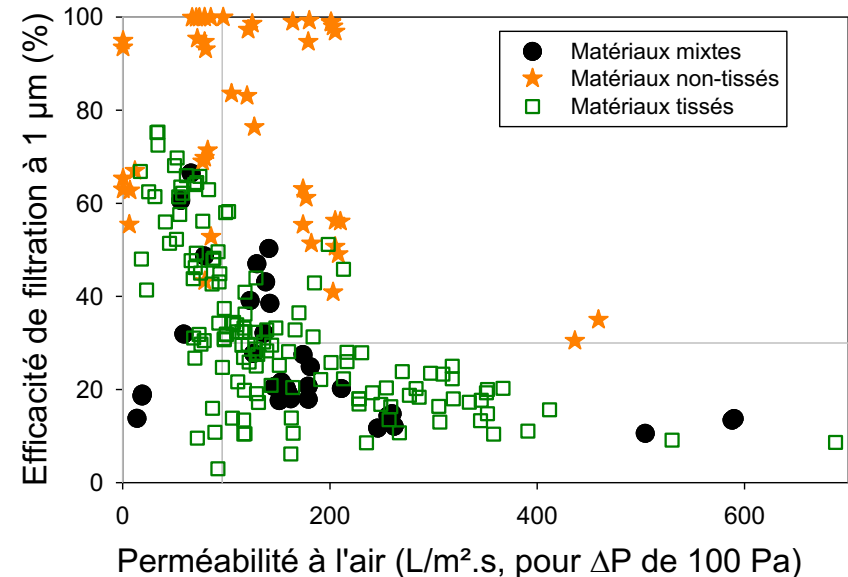
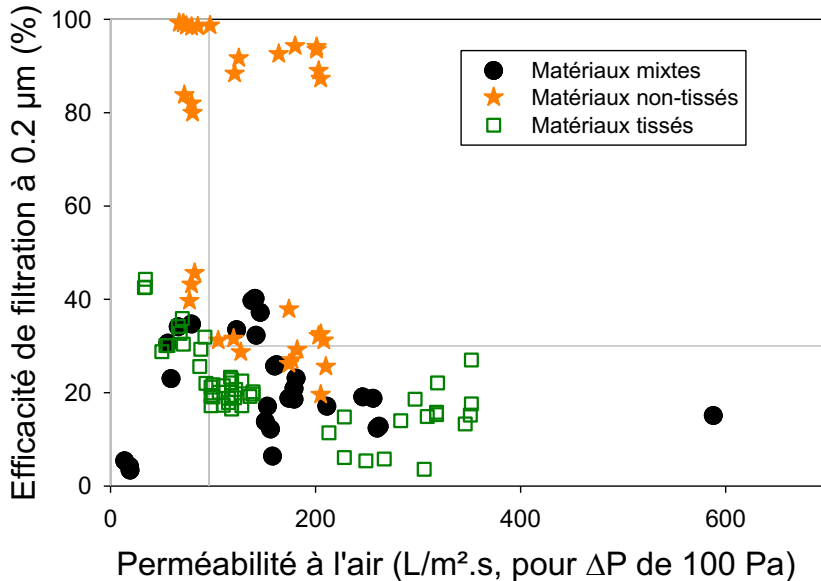
Lab 1



Simplicité
Colmatage du matériau

Discussion des résultats expérimentaux : efficacité de filtration à 0,2 et 1 μm .

■ Gouttelettes polydispersées (0,01 – 500 μm^3), virus de type corona 0,1 – 0,2 $\mu\text{m}^4 \Rightarrow E(d_p < 3 \mu\text{m}) > 30 \%$.



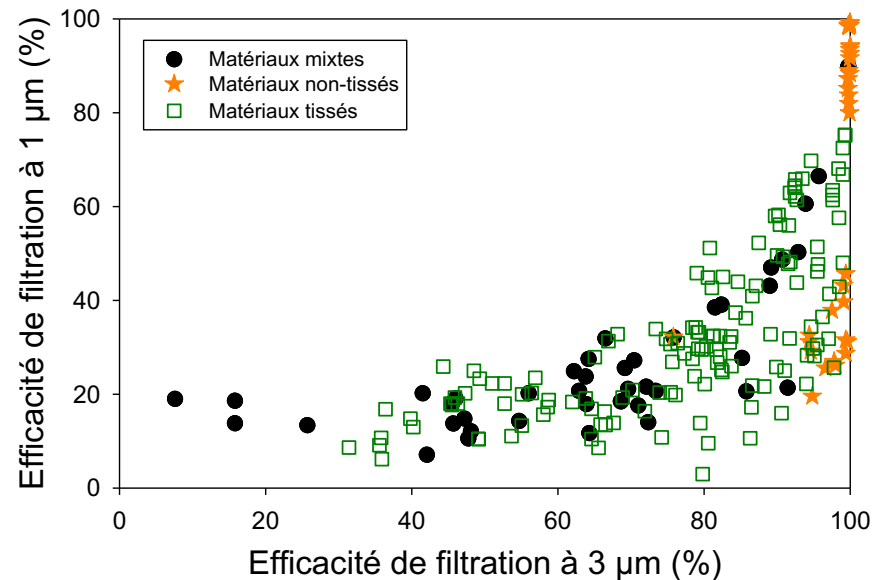
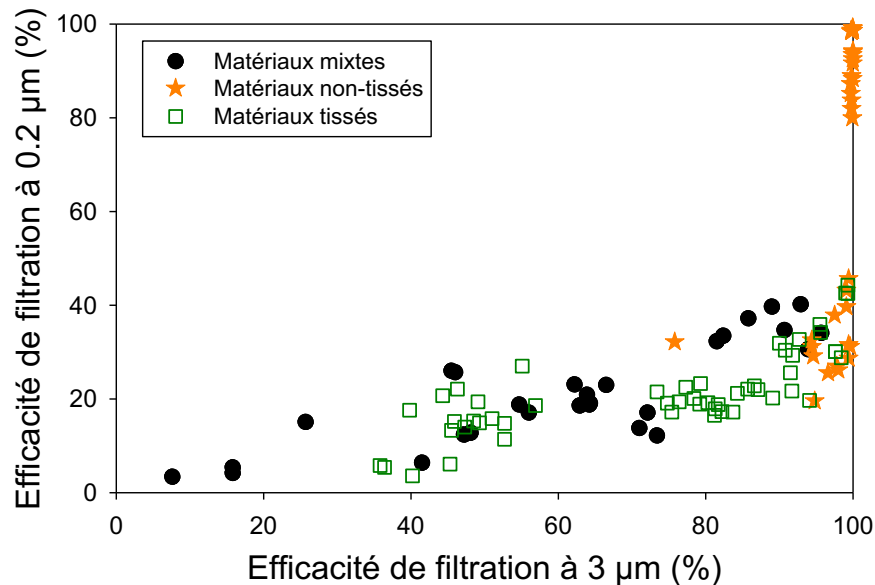
→ Peu de matériaux présentent une efficacité > 30 % pour D_p de 0,2 et 1 μm .

³Galton, J., et al. (2011). The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: A review. *J. Infect.* 62: 1–13.

⁴Kim, J.-M., et al. (2020). Identification of Coronavirus Isolated from a Patient in Korea with COVID-19. *Public Heal. Res Perspect* 11: 3–7.

Discussion des résultats : corrélation entre efficacités de filtration.

- Peu de laboratoires réalisent les essais d'efficacité de filtration pour des diamètres autres que 3 μm .
=> Est-il possible de corréler les efficacités de filtration déterminées à 0,2 et 1 μm avec celle à 3 μm ?



- Pas de corrélation pour les matériaux non-tissés.

- Lien notable pour tissés et mixtes mais sans permettre de proposer une corrélation empirique.