

CARACTERISATION DES PERFORMANCES DES MASQUES BARRIERE A USAGE NON SANITAIRE : INTERCOMPARAISON DES PROTOCOLES D'ESSAIS ET PREMIERS ENSEIGNEMENTS

S. Bourrous^{1*}, F-X. Ouf¹, V. Mocho¹, S. Poirier¹, M. Barrault¹, D. Thomas², A. Charvet², N. Bardin-Monnier², J.C. Appert-Collin², A. Fouqueau³, A. Bescond³, F. Gaie-Levrel³

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

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

³ Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE), 1, rue Gaston Boissier 75015 Paris Cedex

*Courriel de l'auteur : soleiman.bourrous@irsn.fr

TITLE

Characterization of the performances of barrier masks for a non-sanitary use: test method intercomparison and first lessons

RESUME

Pour endiguer la récente pandémie de Covid-19, la France a pris des mesures pour mettre rapidement à la disposition de la population des masques de protection respiratoire efficaces. Les laboratoires en capacité de réaliser des mesures d'efficacité et de perméabilité de matériaux filtrants ont été sollicités pour mettre en œuvre des bancs d'essais permettant de caractériser les media filtrants utilisés pour la confection des masques dits « barrière » ou « grand public » en termes d'efficacité de filtration et de perméabilité selon les spécifications établies par l'AFNOR (efficacité de filtration vis-à-vis d'aérosols de 3 µm supérieure à 70% et 90% pour deux catégories de masques, et perméabilité à 100 Pa supérieure à 96 L.m⁻².s⁻¹). Face à l'urgence, ces différents laboratoires ont mis en œuvre des protocoles différents pour caractériser ces dispositifs. La présente communication vise à comparer les résultats obtenus par trois laboratoires impliqués dans ces essais en utilisant des protocoles différents. Les résultats montrent un bon accord entre les trois laboratoires impliqués dans l'intercomparaison avec des dispersions probablement imputables à l'hétérogénéité des échantillons.

ABSTRACT

In the context of the Covid-19 pandemic, France has taken measures to quickly produce respiratory protection masks for the population. Laboratories able to carry out filtration media efficiency and permeability measurements were asked to implement test benches to characterize the filter media used for making these so-called "community face covering" in terms of filtration efficiency and permeability according to the AFNOR specifications (3 µm filtration efficiency greater than or equal to 70% and 90% for two categories, and permeability at 100 Pa greater than 96 L.m⁻².s⁻¹). In this context of emergency, these laboratories implemented different protocols and this communication aims at comparing the results obtained by the three laboratories involved in these tests. The results show good agreement between laboratories participating in the intercomparison with a dispersion probably due to the sample heterogeneity.

MOTS-CLÉS : Masques à usage non sanitaire, intercomparaison, efficacité de filtration, perméabilité / **KEYWORDS** : Community face covering, intercomparison, filtration efficiency, air permeability

1. INTRODUCTION

La récente pandémie de Covid-19, qui a nécessité des mesures inédites de protection de la population, a conduit à une réponse rapide des services publics pour garantir l'accès à des dispositifs de protection respiratoire. Face à l'urgence, l'AFNOR et les différents laboratoires publics impliqués ont défini des critères de performance en termes d'efficacité de filtration et de perméabilité auxquels doivent répondre les media filtrants composant ces masques (AFNOR SPEC S76-001, 2020 ; CWA 17553, 2020). Ces spécifications laissent la liberté aux laboratoires engagés quant à la conception des bancs d'essais et à l'instrumentation impliquée, ainsi qu'au type d'aérosol d'essai à utiliser.

Dans le présent travail, les mesures obtenues selon les protocoles d'essai mis en place par le LNE, l'IRSN et le LRGP de l'Université de Lorraine ont été comparées. Les valeurs de perméabilité et d'efficacité de filtration de 10 media filtrants, représentatifs de ceux utilisés pour concevoir les masques barrières, ont été comparées pour assurer la validité des différentes méthodes d'essai.

Les protocoles diffèrent de par la conception des bancs d'essais (double conduite ou prélèvements en amont et en aval du medium test) et du type d'aérosol utilisé (aérosol liquide ou solide, mono ou polydispersé). A l'issue de cette intercomparaison, les premiers résultats obtenus sur ces bancs pour les matériaux composant les masques barrières sont présentés sous forme de relation perméabilité/efficacité.

2. MATERIELS ET METHODES

Les spécifications définies par l'AFNOR imposent les conditions d'essai suivantes :

- une vitesse de filtration de $6 \text{ cm/s} \pm 1 \text{ cm/s}$;
- une efficacité de filtration donnée pour un aérosol de $3 \mu\text{m} \pm 0,5 \mu\text{m}$ de diamètre (l'efficacité de filtration est définie par l'équation 1 avec E l'efficacité, C la concentration d'aérosol et d_p le diamètre de l'aérosol) :

$$E(d_p) = 100 \times \frac{C_{\text{amont}}(d_p) - C_{\text{aval}}(d_p)}{C_{\text{amont}}(d_p)} \quad (1)$$

- une perméabilité mesurée à 100 Pa de pression différentielle.

Deux architectures de banc d'essais ont été mises en place. Le LNE et l'IRSN utilisent tous deux un banc d'essais conçu selon le principe de la double conduite. L'aérosol produit est envoyé successivement dans deux conduites parallèles identiques contenant, pour l'une un porte filtre vide (dit témoin, qui permet la mesure de la concentration en amont du filtre) et pour l'autre un porte filtre contenant le medium à tester (qui constituera la mesure de la concentration en aval). La mesure de concentration en aérosol est effectuée par un point de prélèvement unique situé en aval de ces deux conduites. Le débit d'air traversant le filtre est assuré par l'instrument de mesure et ajusté par introduction d'air de dilution en amont de ce point de prélèvement. Le LRGP utilise quant à lui une conduite unique où le medium à tester est placé entre deux cannes de prélèvement reliées à l'instrument de mesure de l'aérosol. Le débit est régulé par un régulateur de débit massique situé en aval du porte filtre.

Tableau 1: configurations des différents bancs d'essai

	<i>LRGP (Lab 1)</i>	<i>IRSN (Lab 2)</i>	<i>LNE (Lab 3)</i>
<i>Aérosol d'essai</i>	DEHS (liquide)	NaCl (solide)	PSL (solide)
<i>Vitesse de filtration (cm/s)</i>	5,6	5,3	5,7
<i>Surface de l'échantillon (cm²)</i>	28,3	10,2	10,7
<i>Configuration du banc</i>	Un conduit principal avec canne de prélèvement en amont et en aval du porte filtre	Double conduite avec porte filtre test et porte filtre témoin	Double conduite avec porte filtre test et porte filtre témoin
<i>Séquence de prélèvement</i>	7 échantillons successifs avec alternance aval / amont	1 échantillon amont, 3 échantillons aval, 1 échantillon amont	1 échantillon amont, 1 échantillon aval, 1 échantillon amont

Dans le présent travail, la concentration en aérosol de $3 \mu\text{m}$ a été mesurée par chacun des laboratoires par le même instrument (Aerodynamic Particle Sizer (APS) TSI 3321). Dans cette étude, seul le canal de mesure à $3 \mu\text{m}$ de l'instrument a été considéré.

3. RESULTATS

La figure 1 présente les valeurs d'efficacité de filtration mesurées par les laboratoires 1 et 2 en fonction de l'efficacité de filtration du laboratoire 3 considérée ici comme référence du fait de l'utilisation d'un aérosol étalon monodispersé de PSL à $3 \mu\text{m}$ et de la mission du LNE en tant que laboratoire national de métrologie.

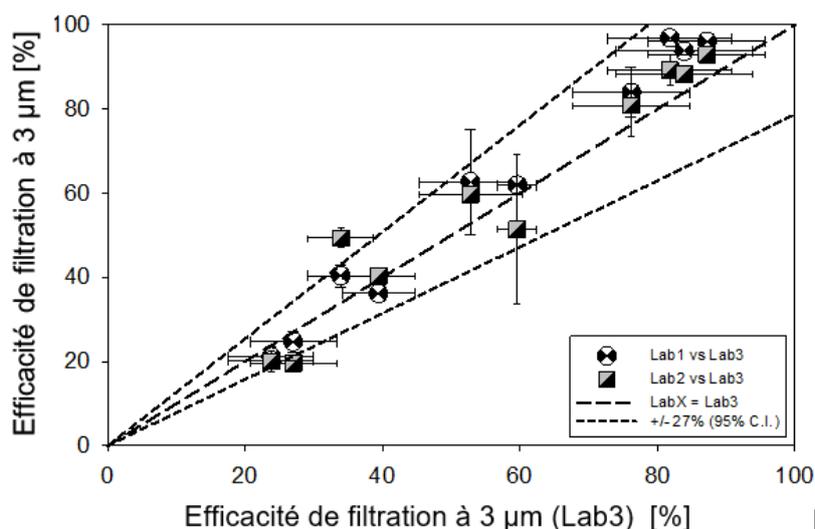


Figure 1: efficacités de filtration des aérosols de 3 µm mesurées par les laboratoires 1 et 2 en fonction des valeurs du laboratoire 3 de référence

Pour un intervalle de confiance de 95%, l'ensemble des résultats présente un écart inférieur à 27%. Étant donné la variabilité des échantillons et les incertitudes expérimentales inhérentes aux techniques utilisées pour la métrologie des aérosols, cet écart peut être considéré comme faible et valide la comparabilité des méthodes mises en place. Sur cette base, les valeurs d'efficacité obtenues pour 233 autres matériaux (tissés, non tissés et mixtes) testés par les différents laboratoires sont présentées en fonction de leur perméabilité sur la figure 2.

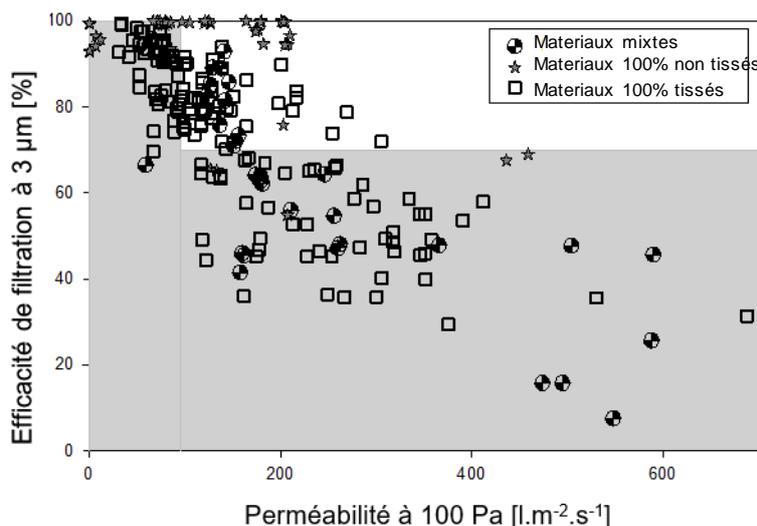


Figure 2 : efficacité de filtration en fonction de la perméabilité mesurée pour différents media tissés, non tissés et mixtes. La zone grise représente les media dont les performances ne remplissent pas les critères définis par les spécifications AFNOR ($E < 70\%$ ou perméabilité à 100 Pa $< 96 \text{ L/m}^2/\text{s}$).

Si aucune tendance déterministe ne permet de corréler strictement la perméabilité des matériaux à l'efficacité de filtration, ceux testés et présentant une perméabilité supérieure à 380 L/m²/s ne présentent pas une efficacité de filtration suffisante pour leur emploi dans la confection de masques barrières. De plus, les media non tissés présentent ici des performances (couple efficacité/perméabilité) difficilement atteignables par les matériaux tissés et les matériaux mixtes.

4. CONCLUSION

Dans le présent travail, les méthodologies employées par trois laboratoires différents pour caractériser l'efficacité de filtration des media utilisés pour la confection de masques barrière ont été comparées pour dix échantillons de media filtrants. Les résultats montrent un très bon accord au vu de l'hétérogénéité des media

employés. L'écart constaté dans un intervalle de confiance à 95 % est inférieur à 27%, ce qui, compte tenu des incertitudes instrumentales et de l'hétérogénéité inhérente à ce type de matériaux, est très satisfaisant. Les résultats d'efficacité obtenus par ces différents laboratoires sur 233 media testés ont été comparés à leur perméabilité aéraulique. Ces résultats ne montrent pas de corrélation directe entre efficacité et perméabilité. Toutefois, une tendance se dessine montrant une efficacité plus forte pour les media les moins perméables. Une distinction des media tissés, non tissés et mixtes montre en outre des efficacités de filtration supérieures pour les media non tissés, pour des perméabilités respectant les spécifications de l'AFNOR (supérieures à $96 \text{ L.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ à 100 Pa). D'autres résultats et une analyse plus fine seront présentés lors de la présente communication.

REFERENCE

AFNOR Spec S76-001, r1.10, Masques barrières – Guide d'exigences minimales, de méthodes d'essais, de confection et d'usage, 2020.

CWA 17553, Community face coverings - Guide to minimum requirements, methods of testing and use, 2020.