

# COMPARAISON ENTRE L'EFFICACITÉ DE FILTRATION ET LA RESPIRABILITÉ POUR ÉVALUER LA PERFORMANCE DES MASQUES A USAGE NON SANITAIRE

H.E. Whyte\*<sup>1,2</sup>, A. Joubert<sup>2</sup>, L. Le Coq<sup>2</sup> et J. Pourchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mines Saint-Etienne, Université Lyon, Université Jean Monnet, INSERM, U 1059 Sainbiose, Centre CIS, F - 42023 Saint-Etienne, France.

<sup>2</sup> IMT Atlantique, GEPEA, CNRS UMR 6144, 4 rue Alfred Kastler, 44307 Nantes, France

\*Courriel de l'orateur : [henrietta.whyte@emse.fr](mailto:henrietta.whyte@emse.fr)

## TITLE

**Comparison of filtration efficiency and breathability to assess the performance of community face masks**

## RESUME

Les efficacités de filtration d'un panel de dix masques à usage non sanitaire neufs ont été déterminées expérimentalement vis-à-vis de particules de DEHS et d'un aérosol bactérien de *Staphylococcus aureus* (selon la norme EN 14683+ AC). Ces efficacités ont été rapprochées de leurs performances en respirabilité (pression différentielle) afin de déterminer une éventuelle corrélation. Les résultats ont montré qu'il n'existe pas de corrélation directe entre l'efficacité de filtration et le paramètre de respirabilité même si des tendances se dégagent.

## ABSTRACT

The filtration efficiencies of ten community face masks were determined experimentally using DEHS particles and a *Staphylococcus aureus* bacterial aerosol (according to EN 14683+ AC). These efficiencies were then compared to their breathing performance (differential pressure) to determine a possible correlation. The results showed that there is no direct correlation between the filtration efficiency and the breathing performance parameter, even though some trends were apparent.

**MOTS-CLÉS:** Masques à usage non sanitaire, efficacité de filtration, respirabilité, pression différentielle/ **KEYWORDS:** Community face masks, filtration efficiency, breathing performance, differential pressure

## 1. INTRODUCTION

Face à la situation de pandémie de COVID-19 causée par le SARS-CoV-2, il existe une forte demande de masques de protection dans le monde entier. Il existe trois grandes catégories de masques faciaux utilisés par le public : (1) les masques chirurgicaux, (2) les équipements de protection individuelle respiratoire (ex. FFP ou N95) et les masques à usage non sanitaire (UNS). Selon le type de masque, leurs performances sont basées sur plusieurs paramètres tels que l'efficacité de filtration, la respirabilité, la résistance aux projections de fluides et les fuites. En Europe, les masques chirurgicaux doivent être conformes à la norme EN 14683:2019 (EN 14683+AC - European Standards, 2019). Les masques FFP sont réglementés par la norme EN149 (EN149:2001+A1:2009, 2009). En ce qui concerne les masques UNS, le Comité Européen de Normalisation (CEN) a élaboré dans le contexte de la pandémie une directive qui présente les spécifications de fabrication et les protocoles d'essai (CWA 17553:2020 (CEN, 2020)) pour caractériser ces masques. En fonction du statut réglementaire et des normes spécifiques associés à ces trois types de masques, différentes méthodes sont employées pour mesurer l'efficacité de filtration, utilisant des bioaérosols (efficacité de filtration bactérienne, EFB, selon EN 14683:2019) ou des aérosols inertes biologiquement (efficacité de filtration particulaire, EFP, selon EN149 ou CEN2020). De même, la respirabilité peut être mesurée par la pression différentielle, ou la perméabilité à l'air. Concernant les masques UNS, l'objectif était de permettre aux entreprises de fabriquer et de distribuer ces masques certifiés par des laboratoires publics et privés capables de réaliser les protocoles d'essai. Le document CWA 17553:2020 (CEN, 2020) n'impose cependant pas de protocole de test et permet aux producteurs d'utiliser soit les normes européennes existantes listées (EN14683, EN 13274-7, etc.) soit les méthodologies disponibles développées par les membres du CEN listés comme AFNOR SPEC S76-001 pour la France.

En période de pandémie, lorsque le besoin de masques est élevé, la demande de tests de conformité des masques est également importante. Afin de rendre les tests de masques plus accessibles, d'augmenter le nombre de laboratoires pouvant évaluer les performances de filtration, ces masques peuvent être soumis à un protocole de test simplifié qui ne prend en compte que les résultats de test d'un ou deux paramètres importants. Le protocole de test EFB est un test chronophage et nécessite une expertise en bioaérosol et un équipement spécifique. Actuellement, peu de laboratoires disposent de cette expertise et de ces équipements afin d'effectuer des tests utilisant des bioaérosols afin d'évaluer le paramètre EFB sur les masques faciaux. Le protocole de test EFP, bien que relativement plus facile à mettre en œuvre que les tests EFB, nécessite également une expertise et des équipements spécifiques. En revanche, contrairement à ces paramètres d'efficacité de filtration, la mesure de la respirabilité est beaucoup plus simple à mettre en œuvre.

Pendant la crise en 2020 l'Agence Fédérale des Médicaments et des Produits de Santé (AFMPS) de Belgique a utilisé les valeurs des respirabilités (pression différentielles) pour évaluer les performances de filtration de masques chirurgicaux (AFMPS, 2020). Dans cette étude, l'objectif est d'évaluer si en utilisant un test simple comme la respirabilité (la pression différentielle), l'efficacité de filtration (bactérienne et particulaire) de masques UNS peut être déterminée ou prédite. La corrélation possible entre les résultats d'EFP et d'EFB avec les résultats de la pression différentielle a été étudiée.

## 2. MATERIEL ET METHODES

Un panel de dix masques textiles à usage non sanitaire de catégorie 1 (UNS1), principalement en coton et en polyester, a été utilisé dans cette étude.

Le dispositif expérimental utilisé pour les tests d'efficacité de filtration particulaire (EFP) comprend une veine d'essai de section  $0.274 \times 0.274$  m dans laquelle s'écoule l'air à une vitesse de 9,6 cm/s. En plus de la buse d'injection d'aérosols, située en entrée, deux cannes de prélèvement, de dimension identique, sont disposées parallèlement et sur le même plan dans la veine. Les échantillons de masques, d'une surface de filtration de  $7,3 \text{ cm}^2$ , sont installés sur l'une des deux cannes. Le prélèvement est assuré par le compteur de particules relié successivement aux deux cannes, à une vitesse d'aspiration de 11 cm/s (proche de la vitesse de l'écoulement dans la veine). L'aérosol utilisé, le DEHS, est généré grâce à deux générateurs : MAG 3000 (Palas) et AGK 2000 (Palas). Le compteur utilisé est un APS 3321 (TSI). Le diamètre médian de la distribution en nombre est de  $0,8 \mu\text{m}$  pour un écart type géométrique de  $2,1 \mu\text{m}$ . L'EFP est calculée à partir des concentrations en particules mesurées en sortie de la canne sans échantillon de média (représentant les mesures en amont) et de celles mesurées en sortie de la canne équipée de l'échantillon de média (représentant les mesures en aval).

L'efficacité de filtration bactérienne (EFB) est mesurée selon les principales recommandations de la Norme NF EN 14683+ AC. Un échantillon de masque est fixé entre un impacteur en cascade à six étages (diamètres de coupure allant de  $0,65$  à  $7 \mu\text{m}$ ) et une chambre d'aérosolisation. Un bioaérosol de *Staphylococcus aureus* est généré dans cette chambre d'aérosolisation, sous aspiration induit par l'impacteur en cascade, pour être filtré par le matériau du masque avant d'atteindre les différents étages de l'impacteur en cascade. Pour une surface de masque de  $49 \text{ cm}^2$ , la vitesse d'aspiration est de 9,6 cm/s. L'EFB du masque est déterminée en mesurant le nombre d'unités formant colonies (UFC) qui traversent le matériau du masque, comparativement à une condition d'essai sans matériau filtrant à l'entrée de l'impacteur en cascade (témoin dit positif).

La respirabilité est définie par la pression différentielle. Le protocole utilisé est basé sur les principales recommandations de la Norme NF EN 14683+ AC. Un manomètre différentiel est utilisé pour mesurer la pression différentielle des échantillons à un débit d'air de 8 L/min.

### 3. RESULTATS ET CONCLUSIONS

Les résultats d'efficacité de filtration particulaire présentés correspondent aux valeurs pour les particules de 3  $\mu\text{m}$  (moyenne avec les 3 canaux de l'APS entre 3.051 et 3.523  $\mu\text{m}$ ) tandis que l'efficacité bactérienne est une valeur moyenne des six étages de l'impacteur avec une taille moyenne des particules (TMP) maintenue à  $3 \pm 0.3 \mu\text{m}$  selon la norme EN 14683:2019.

Les résultats d'efficacité de filtration bactérienne moyenne et d'efficacité particulaire à 3  $\mu\text{m}$  sont présentés sur la Figure 1. Les valeurs EFB mesurées varient de 73 à 93 % tandis que les valeurs EFP varient de 31 à 91 %. La pression différentielle des 10 masques varie entre 9,5 et 59,3 Pa/cm<sup>2</sup>. Pour un masque UNS de catégorie 1, le guide AFNOR SPEC S76-001 impose une pression différentielle maximale de 60 Pa/cm<sup>2</sup> et une efficacité de filtration minimale de 90% pour des particules de 3  $\mu\text{m}$  de diamètre. Ainsi, tous les masques ont respecté les critères de respirabilité mais seuls quatre masques ont satisfait aux critères d'efficacité de filtration (EFP et/ou EFB).

En général, les résultats montrent que les valeurs EFB sont plus élevées que les valeurs EFP. Cela peut s'expliquer principalement par la charge des particules. Les aérosols neutralisés sont connus pour produire une pénétration plus élevée (faible efficacité) par rapport aux aérosols chargés (Hee-Siew Han & Prell, 2010; Joubert et al., 2021). L'aérosol de DEHS utilisé dans le test EFP est neutre tandis que les particules de *Staphylococcus aureus* utilisées dans le test EFB sont légèrement chargées négativement.

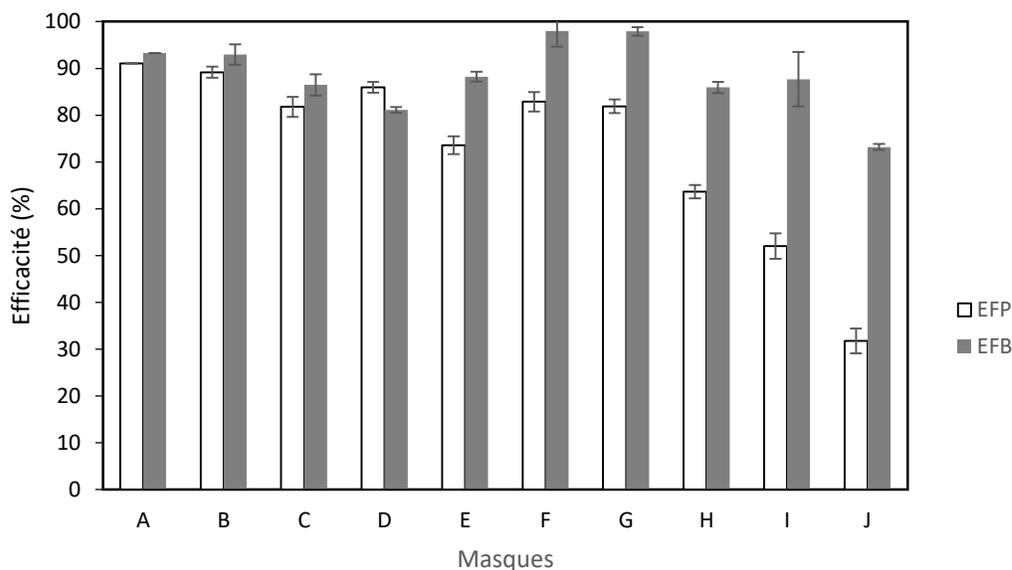


Figure 1 : Efficacité de filtration bactérienne moyenne et efficacité de filtration particulaire à 3 $\mu\text{m}$  pour les masques UNS (moyenne  $\pm$  écart-type pour N=3 avec EFP et N=5 pour EFB)

Les résultats de la comparaison entre les efficacités de filtration et la pression différentielle sont présentés dans les Figures 2a et 2b. En général, l'efficacité de filtration augmente avec l'augmentation de la pression différentielle. Les résultats montrent également qu'il ne semble pas y avoir de corrélation directe entre les efficacités de filtration et la pression différentielle et que nous ne pouvons donc pas prédire directement l'efficacité de filtration à partir de la pression différentielle. Cependant, les résultats de la pression différentielle peuvent être utilisés comme un premier outil pour déterminer si un test de filtration est nécessaire ou non, notamment si un masque aura plus probablement une performance suffisante.

Trois zones peuvent se dégager des résultats à la fois pour la figure EFB vs pression différentielle et la figure EFP vs pression différentielle. Tout d'abord, pour une pression différentielle inférieure à 20 Pa/cm<sup>2</sup> les

valeurs d'efficacité de filtration sont basses, un test EFP ou EFB ne sera très probablement pas nécessaire car le masque n'aura pas une efficacité de filtration acceptable. Deuxièmement, pour une pression différentielle entre 20 et 40 Pa/cm<sup>2</sup>, on observe une variabilité des valeurs EFB/EFP et comme il n'y a pas de corrélation entre la pression différentielle et l'EFP/EFB, il est important de faire un test d'efficacité de filtration. Enfin lorsque la pression différentielle est comprise entre 40 et 60 Pa/cm<sup>2</sup>, l'EFP/EFB présentera plus probablement une valeur acceptable pour une utilisation par le public.

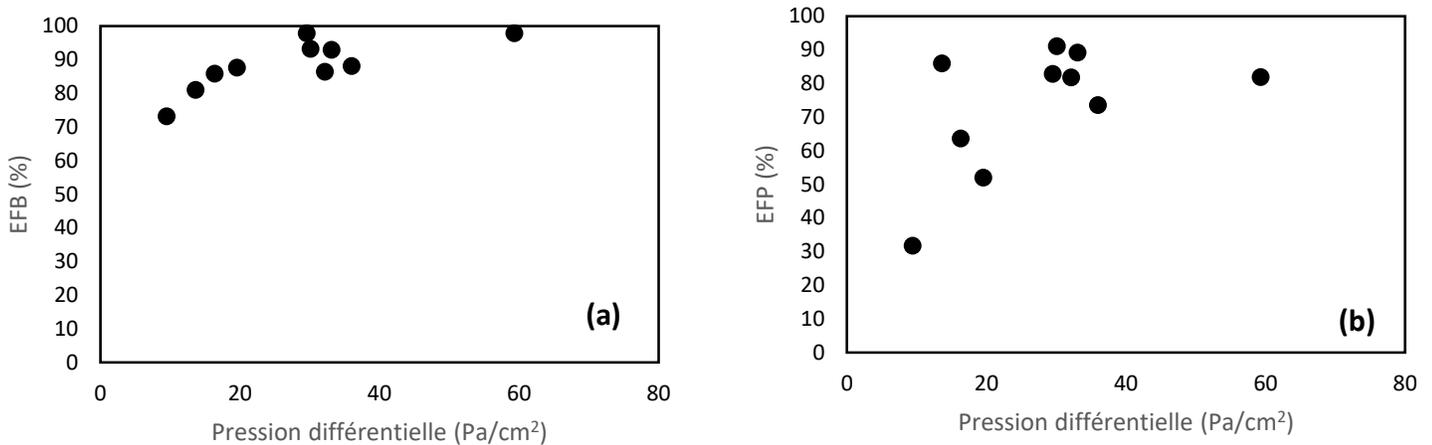


Figure 2 : Comparaison entre la pression différentielle et (a) l'efficacité bactérienne moyenne , (b) l'efficacité particulaire à 3µm pour les masques UNS

Les résultats de ce travail montrent qu'il n'est pas possible de simplement prédire les efficacités de filtration à partir de la mesure de respirabilité. Cependant, dans le cas d'une pandémie, les résultats de la pression différentielle peuvent être utilisés comme un premier outil, de type screening, pour déterminer si un test de filtration est nécessaire ou non, ou si un masque aura probablement une performance de filtration suffisante et donc acceptable pour une utilisation par le public dans des situations à usage non médicale.

#### 4. REFERENCES

- AFMPS. (2020). *Coronavirus: Alternative Test Protocol (ATP) for surgical face masks | FAMHP*. [https://www.famhp.be/en/news/coronavirus\\_alternative\\_test\\_protocol\\_atp\\_for\\_surgical\\_face\\_masks](https://www.famhp.be/en/news/coronavirus_alternative_test_protocol_atp_for_surgical_face_masks)
- CEN. (2020). *Community face coverings - Guide to minimum requirements, methods of testing and use*. [ftp://ftp.cencenelec.eu/EN/ResearchInnovation/CWA/CWA17553\\_2020.pdf](ftp://ftp.cencenelec.eu/EN/ResearchInnovation/CWA/CWA17553_2020.pdf)
- EN 14683+AC - European Standards. (2019). *Medical face masks - Requirements and test methods*. <https://www.en-standard.eu/csn-en-14683-ac-medical-face-masks-requirements-and-test-methods/>
- EN149:2001+A1:2009. (2009). *Respiratory protective devices. Filtering half masks to protect against particles. Requirements, testing, marking - European Standards*. <https://www.en-standard.eu/bs-en-149-2001-a1-2009-respiratory-protective-devices.-filtering-half-masks-to-protect-against-particles.-requirements-testing-marking/>
- Hee-Siew Han, by, & Prell, M. (2010). Penetration of N95 filtering facepiece respirators by charged and charge-neutralized nanoparticles. In *procaresafety.nl*. <https://www.procaresafety.nl/wp-content/uploads/2020/04/Penetration-of-N95-Filtering-Facepiece-Respirators.pdf>
- Joubert, A., Bouhanguel, A., Andrès, Y., & Coq, L. Le. (2021). *Influence des moyens de génération et de mesure des aérosols sur l'efficacité de filtration de masques chirurgicaux*. <https://doi.org/10.25576/ASFERA-CFA2021-24833>