INFLUENCE DU LAVAGE SUR LES PERFORMANCES DES MASQUES A USAGE MEDICAL

D. Thomas[1]*, JC. Appert-Collin[1], N. Bardin-Monnier[1], N. Bernard[1], A. Charvet[1]
O. Dufaud[1], F. Huin[1] , M. Lebrun[1], C. Dessale[2] et F. Antoine[2]

[1] Université de Lorraine, CNRS, LRGP, F-54000 Nancy, France
[2] CIC-IT – CHRU de Nancy, F-54500 Vandoeuvre-lès-Nancy France

*Courriel de l'orateur : Dominique.Thomas@univ-lorraine.fr

TITLE

Influence of washing on medical face masks performances

ABSTRACT

This study is part of the national "Re-Use" project aimed at studying the possibility of reusing surgical masks after washing and sterilization. The results presented here concern the study carried out between the Nancy University Hospital and the LRGP on the influence of washing and the number of washes on the performances of eleven different mask references. It emerges from this study that the washing protocol of the Nancy University Hospital does not seem to significantly alter the filtration performance of the various surgical masks tested for which the efficiency remains with respect to 3 µm droplets.

RESUME

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet national « Re-Use » visant à étudier la possibilité d'une réutilisation des masques à usage médical après lavage et stérilisation. Les résultats présentés ici concernent l'étude menée entre le CHU de Nancy et le LRGP sur l'influence du lavage et du nombre de lavages sur les performances de onze références différentes de masque. Il ressort de cette étude que le protocole de lavage du CHU de Nancy ne semble pas altérer de façon notable les performances de filtration des différents masques chirurgicaux testés pour lesquels l'efficacité demeure vis à vis des gouttelettes de 3 µm.

MOTS-CLÉS : Masque chirurgical, efficacité, lavage, Covid 19 **/ KEYWORDS:** Surgical mask, efficiency, washing , SARS-CoV-2

1. INTRODUCTION

Suite à l'épidémie de Coronavirus COVID-19 et pour faire face à une éventuelle pénurie de masques à usage médical un consortium interdisciplinaire, rassemblant médecins, scientifiques et industriels de divers horizons, s'est rapidement constitué dans le cadre de la *task force* "Re-Use" mise en place par le CNRS et le CEA dès le début de la période de confinement. L'objectif de ce consortium vise à étudier la possibilité d'une réutilisation des masques à usage médical après lavage et stérilisation.

Selon la norme EN 14683+AC (Août 2019)- Masques à usage médical : exigences et méthodes d'essais, trois critères sont retenus pour la classification des masques à usage médical (Tableau 1). Un critère d'efficacité de collecte de bactéries (*Staphylococcus aureus*) de diamètre aérodynamique moyen de 3 µm (+/- 0,3 µm), un critère de respirabilité et un critère de résistance aux projections de sang (ISO 22609).

Tableau 1. Exigences de performance des masques à usage médical selon EN 14683+AC (Août 2019)- Masques à usage médical : exigences et méthodes d'essais

Essai	Type I	Type II	Type IIR
Efficacité de filtration bactérienne (%) (dp = 3 µm)	≥ 95	≥ 98	≥ 98
Pression différentielle (Pa/cm^2)	< 40	< 40	< 60
Pression de la résistance aux projections (kPa)	Non exigée	Non exigée	≥ 16

Les résultats présentés ici concernent l'étude menée entre le CHU de Nancy et le LRGP sur l'influence du lavage et du nombre de lavages sur les performances de onze références différentes de masque.

2. BANC D'ESSAIS ET PROTOCOLE OPERATOIRE

Un protocole opératoire inspiré de la norme EN 14683+AC (Août 2019) et un banc d'essais (Figure 1) ont été mis en place afin de tester les masques à usage médical. Les 3 critères (respirabilité, efficacité et résistance aux projections) ont ainsi pu être évalués sur les masques neufs et lavés.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24797 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

2.1. Critère de respirabilité

Le critère de respirabilité du média est déterminé à partir de la perméation à l'air d'un échantillon de 28,27 cm^2. Conformément à la norme EN 14683+AC (Août 2019), la vitesse de 27,2 cm/s (débit de 8 L/mn pour un échantillon de 4,9 cm^2) a été retenue pour déterminer la perte de charge ramenée ensuite à la surface d'essai de la norme. La valeur présentée résulte d'une moyenne sur 3 ou 4 échantillons prélevés sur 2 ou 3 masques à usage médical. Ce critère doit être inférieur à 40 Pa/cm^2 pour les masques de types I et II ou à 60 Pa/cm^2 pour les masques de type IIR, dans les conditions de la norme (Tableau 1).

2.2. Critère d'efficacité

Conformément à la norme EN 14683+AC (Août 2019), l'efficacité du média à tester est déterminée à une vitesse de filtration égale à 9,6 cm/s (débit de 28,3 L/mn pour une surface filtrante de 49 cm^2). Contrairement à la norme précédente qui préconise l'emploi d'un aérosol biologique un aérosol polydispersé de Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat (DEHS) a été utilisé. Les efficacités fractionnelles initiales sont déduites des distributions granulométriques en amont et aval du média à tester obtenues à l'aide d'un APS (Aerodynamic Particle Sizer) de marque TSI®. Sept prélèvements amont/aval sont réalisés permettant de calculer une efficacité fractionnelle moyenne et un écart type.

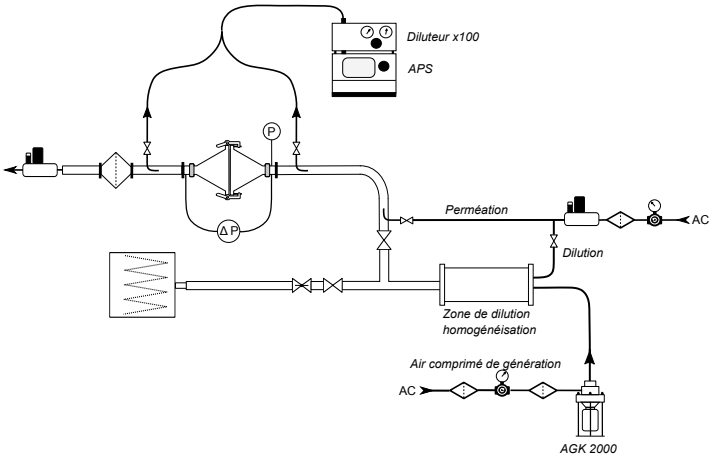

Figure 1. Schéma du banc d'essais pour la détermination de la respirabilité et de l'efficacité fractionnelle

Ce banc est composé :

- d'un nébuliseur de DEHS (AGK 2000) alimenté en air comprimé filtré à une pression relative de 1 bar. L'aérosol généré présente une distribution polydispersée de mode 0,9 µm. Le débit en sortie du générateur est de l'ordre de 1 à 2 l/min.
- d'une zone de dilution/homogénéisation permettant de diluer et d'homogénéiser l'aérosol d'huile avec un débit d'air filtré de 100 Nl/min. En sortie de ce réservoir, une grande partie du débit est dirigée vers un caisson de filtration (Filtre H13). L'autre partie est dirigée vers l'échantillon.
- d'une vanne de réglage située sur la ligne reliant le générateur au caisson de filtration pour le contrôle du débit d'aérosol circulant à travers le porte-filtre.
- de deux lignes de prélèvements en amont et aval de l'échantillon sont reliées à l'APS pour une mesure de distribution granulométrique. Un jeu de vannes permet d'échantillonner l'aérosol successivement en amont et en aval du porte-filtre dans lequel est placé l'échantillon.
- d'un porte-échantillon de 7 cm de diamètre pour une surface de filtration de 28, 27 cm^2 (soit un diamètre de la surface filtrante de 6 cm).
- en amont de l'APS, d'un diluteur (3302A de TSI®) (x 100).
- d'un débitmètre placé en sortie de banc permet le contrôle du débit de filtration ou de perméation.

2.3. Résistance aux projections

Les essais de résistance aux projections ont été réalisés sur un banc développé au LRGP conformément aux recommandations données par la norme ISO 22609 :2004 et dans les conditions décrites par la norme, à une vitesse d'éjection du sang de 550 $cm.s^{-1}$ correspondant à une pression sanguine de 16 kPa. Pour être parfaitement conforme à la norme ISO 22609, près de 30 tests devraient être effectués pour chaque type de masque, ce qui n'était évidemment pas envisageable dans le contexte sanitaire de l'étude.

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24797 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

2.4. Protocole de lavage des masques

Les masques à usage médical collectés par le Centre d'Investigation Clinique – Innovation Technologique (CIC-IT) de Nancy dans différents services du CHU de Nancy ont été lavés selon le cycle de lavage des blouses à usage unique mis en place par le CHU (Tableau 2) qui garantit leur décontamination.

Tableau 2. Protocole de lavage du CHU de Nancy des masques chirurgicaux (Données CIC-IT Nancy)

Etape	Durée (mm)	Temp. (°C)	Produit
1 Lavage principal	15	60	Dermasil emulsion 250 kg (détergent)
2 Lavage principal	15	60	Ozonit 40 1000 kg (biocide)
3 Essorage intermédiaire	02		
4 Rinçage	03		Finale liquid 225 kg (neutralisant)
5 Essorage rapide	03		
Total	38		

3. RESULTATS

3.1. Performances des masques neufs

Onze références différentes de masques à usage médical ont été testées dans cette étude. La figure 2 présente pour chacun des masques le diamètre minimal des gouttelettes de DEHS pour lesquelles l'efficacité de collecte est de 95 ou 98%. Les masques présentant le plus faible diamètre aérodynamique à un seuil d'efficacité donné offrent un meilleur niveau de protection.

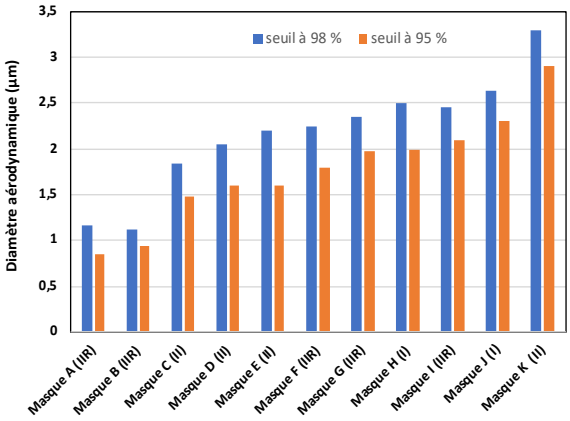

Figure 2. Diamètre aérodynamique minimal des gouttelettes de DEHS collectées à 95 ou 98%

3.2. Influence du lavage

Le protocole de lavage appliqué ne semble pas modifier notablement la pression différentielle des différents masques testés (respirabilité). Ce constat, observé pour 1 à 10 lavages, laisse supposer l'absence de modification de la structure du masque lors du lavage.

Si l'efficacité à 3 µm reste, quel que soit le nombre de lavage, supérieure au seuil de 95 ou 98% selon le type de masque; le lavage modifie, en revanche, les performances des masques initialement très performants pour des diamètres inférieurs (à l'image des masques A et G, figures 3 et 4). On peut relever des chutes d'efficacité de l'ordre de 30 à 40% pour des gouttelettes de 1 µm et de 5 à 20% à 2 µm. Pour les masques K et J (figures 5 et 6), la baisse de l'efficacité fractionnelle est faible voire négligeable. Par ailleurs, au-delà du premier lavage, le nombre de lavages (2, 5 ou 10) semble peu influer sur la dégradation de l'efficacité. La diminution d'efficacité fractionnelle observée sur certains masques vis-à-vis des gouttelettes les plus fines est liée à l'élimination des charges électrostatiques lors de l'étape de lavage. Les efficacités fractionnelles de masques non lavés mais déchargés par trempage dans un bain d'isopropanol sont en effet identiques à celles de masques ayant subi le protocole de lavage, et ce sur toute la plage granulométrique.

Les résultats des tests de résistance aux projections montrent qu'après un à deux lavages, les propriétés 'anti-splash' des masques de type IIR sont conservées au sens de la norme ISO 22609. Cependant, les propriétés protectrices de la première couche se dégradent au fur et à mesure des lavages : le sang pénètre dans le

DOI : 10.25576/ASFERA-CFA2021-24797 Cet article est publié sous la seule responsabilité de ses auteurs

masque et s'accumule en partie inférieure. Certaines références (Masque I – IIR, par exemple) ne sont donc plus conformes aux exigences de la norme après 9 lavages.

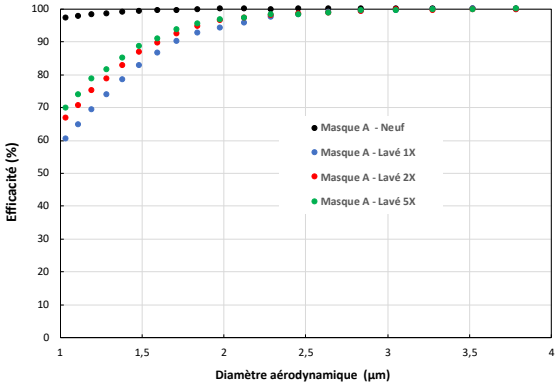

Figure 3. Évolution de l'efficacité fractionnelle du masque A avec le nombre de lavage

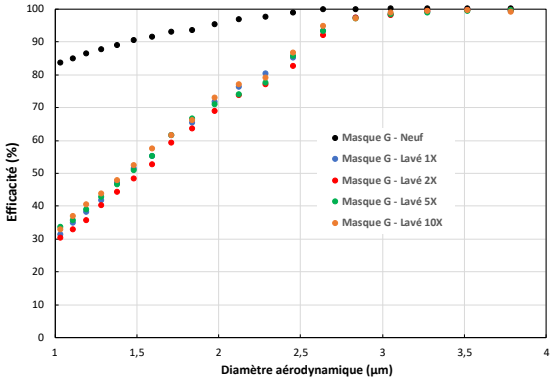

Figure 4. Évolution de l'efficacité fractionnelle du masque G avec le nombre de lavage

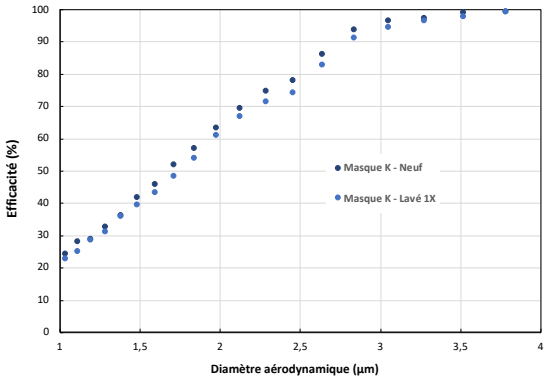

Figure 5. Efficacité fractionnelle du masque K avec et sans lavage

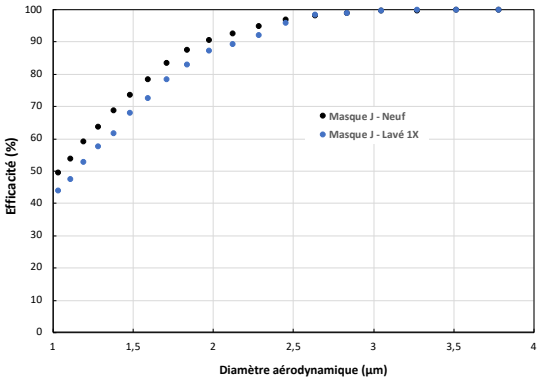

Figure 6. Efficacité fractionnelle du masque J avec et sans lavage

4. CONCLUSION

Les efficacités des masques à usage médical ne sont pas ou peu altérées par le lavage pour des particules de 3 µm et restent très proches de la valeur du masque neuf. Néanmoins, pour les masques initialement les plus performants, une baisse d'efficacité marquée est constatée pour des diamètres aérodynamiques inférieurs à 2,5 µm. Cette diminution imputée à la perte des charges électrostatiques lors du lavage ne remet pas en cause la performance du masque puisque l'efficacité à 3 µm reste, quel que soit le nombre de lavages, supérieure à 99%. Par ailleurs, quel que soit le masque testé, même si l'efficacité fractionnelle sur la plage 1 - 2,5 µm diminue avec le lavage, celle-ci reste supérieure à l'efficacité fractionnelle du masque neuf le moins performant parmi les onze références testées mais répondant aux exigences de la norme EN 14683+AC. De même, un faible nombre de lavage (≤ 4) modifie la résistance à la pénétration du sang, mais ne paraît pas affecter la conformité des masques vis-à-vis de l'ISO 22609.
En conclusion, le protocole de lavage du CHU de Nancy ne semble pas altérer de façon notable les performances de filtration des masques chirurgicaux testés pour lesquels l'efficacité demeure vis-à-vis des gouttelettes de 3 µm. Le frein à la réutilisation des masques n'est donc pas d'ordre technique mais économique compte tenu du coût du recyclage (ramassage, triage, ensachage, lavage) et lié à l'acceptation sociétale : Est-on psychologiquement prêt à porter un masque lavé, précédemment porté par une autre personne potentiellement malade ? Pour contourner cette question, la solution serait de recycler son propre masque ce qui aurait bien évidemment une incidence sur le coût du traitement.

REMERCIEMENTS :
This work is part of a French task-force initiated by CNRS and CEA, involving several research organisms and industrial partners.