

Protection respiratoire contre les expositions aux risques biologiques par voie aérienne

Le présent document de nature générale ne se rapporte pas à un contaminant en suspension dans l'air en particulier, y compris les virus et les bactéries, et est destiné à un public professionnel averti.

Résumé

Les maladies peuvent être transmises par de nombreuses voies, y compris l'inhalation d'aérosols. Lorsqu'ils sont correctement ajustés, choisis, portés et entretenus, les respirateurs contre les particules peuvent réduire la quantité d'aérosols, tant les bioaérosols que les aérosols non biologiques, qu'inhale l'utilisateur. En revanche, la plupart des masques chirurgicaux ne sont pas conçus pour fournir un joint étanche contre le visage et la recherche a démontré qu'ils n'atteignent pas le niveau de réduction de contaminants qu'assure un respirateur homologué qui est porté correctement. Bien que des questions aient été soulevées quant à savoir si les particules biologiques peuvent ou non être filtrées tout comme les particules non biologiques, des études ont démontré que le filtre d'un respirateur élimine les bioaérosols de la même manière qu'il élimine les aérosols non biologiques de l'air qui le traverse.

Lorsqu'une protection respiratoire est nécessaire pour aider à réduire les expositions aux bioaérosols, l'utilisateur doit choisir un respirateur contre les particules homologué conformément aux recommandations des CDC, de l'OMS ou des organismes locaux compétents. Une fois qu'un respirateur a été choisi, un programme continu de protection respiratoire efficace, tel que spécifié par les règlements locaux applicables, doit être mis en œuvre. Ce programme doit comprendre une formation sur les dangers respiratoires, un essai d'ajustement ainsi que l'entretien et la mise au rebut appropriés des respirateurs.

Introduction

On a pu récemment constater un intérêt croissant à l'égard de l'utilisation des respirateurs pour aider à assurer une protection contre certaines particules dangereuses en suspension dans l'air. Les maladies qui peuvent être causées par l'inhalation d'organismes biologiques en suspension dans l'air comprennent la tuberculose (TB), l'hantavirus, le charbon bactérien, les coronavirus (y compris le SRAS, le SRMO et d'autres) et la grippe. Des particules dangereuses biologiques peuvent se retrouver en suspension dans l'air, peut-être en tant qu'agent lui-même, comme une spore d'anthrax, ou en tant qu'agent transporté par un autre matériau en suspension dans l'air, comme des poussières, des brouillards ou des noyaux de gouttelettes. L'infection à Hantavirus est causée par des personnes qui inhalent de la poussière du sol en suspension dans l'air après que des rongeurs aient excrété le virus par l'urine, les matières fécales ou d'autres matières dans le sol. En fait, il est généralement admis que les virus en suspension dans l'air se fixent normalement à d'autres particules et qu'ils existent rarement sous forme d'organismes nus¹.

Le port des respirateurs peut réduire l'inhalation de ces bioaérosols. Les Centers for Disease Control and Prevention (CDC) aux États-Unis, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et les autorités de la santé nationales ont formulé de nombreuses recommandations relatives à l'utilisation des respirateurs lorsqu'ils croyaient qu'il existe un risque de propagation de la maladie par voie aérienne. Voici ce dont il faut tenir compte dans le choix et l'utilisation des respirateurs pour aider à réduire l'exposition aux bioaérosols :

- la filtration;
- la survie des micro-organismes sur le filtre;
- la nouvelle aérosolisation possible du bioaérosol;

- la réutilisation du respirateur;
- l'ajustement du respirateur et le facteur de protection caractéristique au respirateur.

Ces sujets sont abordés dans le présent bulletin.

Voies d'exposition

L'inhalation n'est pas la seule voie d'exposition aux particules dangereuses biologiques. Une infection peut être transmise par d'autres voies d'exposition, comme l'ingestion, la pénétration par la peau et une muqueuse (notamment les yeux) ainsi que les morsures d'animaux et les piqûres d'insectes. La pénétration par la peau et une muqueuse peut se produire par contact direct avec des aérosols ou indirectement, p. ex., une main qui entre en contact avec une surface contaminée et qui touche ensuite une muqueuse.

La manière dont se transmet une maladie indique les types de mesures de contrôle qui sont utiles pour empêcher sa propagation. Si la maladie peut se transmettre par contact, il sera très important d'empêcher la contamination des surfaces et de se laver les mains de manière efficace. Les masques chirurgicaux peuvent être portés par les personnes infectées afin d'aider à réduire la propagation par des aérosols exhalés. Des masques chirurgicaux, des lunettes de protection ou des lunettes de sécurité et des écrans faciaux peuvent être portés pour aider à protéger les muqueuses (yeux, nez et bouche) du travailleur de la santé contre les grosses aspersion de sang et d'autres liquides organiques. L'utilisation des respirateurs peut également être appropriée.

Les particules dont la taille varie du submicron à 100 µm peuvent rester en suspension dans l'air pendant de longues périodes². Les particules de taille inférieure à 100 µm peuvent pénétrer dans le nez, la bouche et la gorge et sont considérées comme étant « inhalables ». Les particules dont la taille est inférieure à 10 µm peuvent atteindre les grandes bronchioles et sont considérées comme la fraction « thoracique », alors que les particules de taille inférieure à environ 5 µm peuvent pénétrer en profondeur dans les poumons et sont considérées comme la fraction « respirable »³.

Certaines maladies peuvent se propager par voie aérienne. Ainsi, si l'organisme qui est la cause de la maladie est aérosolisé, il existe un risque de maladie. La tuberculose est une maladie qui se propage par voie aérienne. On a déjà constaté que les travailleurs de la santé ont contracté des infections de tuberculose en fournissant des soins aux patients tuberculeux. Dans un cas en particulier, les chercheurs croient que la transmission s'est produite au cours d'une procédure générant des aérosols qu'un travailleur de la santé a effectuée sans porter de respirateur, selon les directives à ce moment-là⁴. Des données probantes ont indiqué que la voie aérienne peut être l'un des moyens de propagation du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) et de la grippe saisonnière⁵⁻⁹. L'analyse de divers systèmes de ventilation généralement utilisés dans les blocs opératoires suggère que les particules en suspension se répartissent rapidement et uniformément dans la salle¹⁰. Lorsque les virus et les bactéries sont en suspension dans l'air, ils peuvent être filtrés par des respirateurs dotés de filtres contre les particules choisis et portés de manière appropriée. Étant donné qu'aucun respirateur n'empêchera l'inhalation de toutes les particules, y compris les virus et les bactéries, les respirateurs ne peuvent pas éliminer le risque d'exposition, d'infection et de maladie. Compte tenu du grand nombre de recommandations visant l'utilisation des respirateurs émises sur les sites Web et en provenance d'autres sources, il est important de comprendre ce que sont les respirateurs ainsi que leur rôle dans la réduction de l'exposition aux bioaérosols.

Terminologie

Les bioaérosols sont des particules en suspension dans l'air qui sont vivantes ou qui proviennent d'organismes vivants¹¹. Ils comprennent les micro-organismes et les fragments de micro-organismes, les toxines et les déchets particuliers provenant d'organismes vivants de tous genres.

Un **respirateur** est un appareil conçu pour aider à fournir au porteur une protection respiratoire contre l'inhalation d'une atmosphère dangereuse¹². Dans le cas des bioaérosols, on recommande souvent le port de respirateurs contre les particules pour contribuer à réduire l'exposition.

Les respirateurs contre les particules sont offerts sous les formes suivantes :

1. Un respirateur à demi-masque filtrant (qu'on désigne parfois sous le nom de respirateur jetable), sur lequel le filtre constitue pratiquement la totalité du respirateur

2. Un demi-masque (réutilisable) en élastomère muni d'un filtre contre les particules
3. Un masque complet (réutilisable) en élastomère muni d'un filtre contre les particules
4. Un respirateur d'épuration d'air propulsé qui comprend un filtre contre les particules

Les respirateurs contre les particules sont classés en fonction de leur rendement par rapport aux normes d'homologation locales. Aux États-Unis, les essais et les homologations sont effectués par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). En Europe, les respirateurs sont mis à l'essai par rapport à la norme européenne pertinente et sont approuvés selon la directive 89/686/EEC sur l'équipement de protection individuelle ou le nouveau règlement (UE) 2016/425 en matière d'équipement de protection individuelle.

L'efficacité de filtration est l'un des paramètres de rendement évalués pour l'homologation. Le tableau A présente certaines des exigences minimales en matière d'efficacité de la filtration selon les normes américaines, européennes et chinoises. Il existe de nombreuses variables d'essai qui ont une incidence sur le rendement, comme le type d'aérosol, la taille des particules, le débit, si l'aérosol présente un équilibre neutre de la charge (équation de Boltzmann), etc. Pour une comparaison plus détaillée de la réglementation mondiale sur les respirateurs à masque filtrant, consulter le [Bulletin technique 3M – Comparaison des catégories de respirateurs à masque filtrant FFP2, KN95 et N95 aux autres respirateurs à masque filtrant](#).

Tableau A. Exigences en matière d'efficacité de filtration selon les normes américaines, européennes et chinoises

Norme	Classification	Efficacité du filtre
Norme 42 CFR 84 du NIOSH (É.-U.)	N95	≥ 95 %
Norme 42 CFR 84 du NIOSH (É.-U.)	N99	≥ 99 %
Norme 42 CFR 84 du NIOSH (É.-U.)	N100	≥ 99,97 %
EN 149:2001	FFP1 (masque filtrant)	≥ 80 %
EN 149:2001	FFP2 (masque filtrant)	≥ 94 %
EN 149:2001	FFP3 (masque filtrant)	≥ 99 %
EN 143:2000, EN 140:1999, EN 136:1998	P1 (masque en élastomère)	≥ 80 %
EN 143:2000, EN 140:1999, EN 136:1998	P2 (masque en élastomère)	≥ 94 %
EN 143:2000, EN 140:1999, EN 136:1998	P3 (masque en élastomère)	≥ 99,95 %
GB2626-2006	KN/KP90	≥ 90 %
GB2626-2006	KN/KP95	≥ 95 %
GB2626-2006	KN/KP100	≥ 99,97 %

Veillez noter que la pénétration de particules à travers le filtre n'est qu'une des sources possibles d'exposition aux contaminants. D'autres sources potentielles telles que les fuites de la membrane d'étanchéité faciale, les fuites attribuables à un mauvais entretien ou le fait de ne pas porter le respirateur lorsque le port est nécessaire peuvent contribuer davantage à l'exposition que la pénétration du filtre. Chacun de ces facteurs doit être abordé et vérifié. Par exemple, tous les respirateurs contre les particules conçus pour former un joint étanche contre le visage (y compris les respirateurs à masque filtrant) peuvent faire l'objet d'essai d'ajustement à l'aide des méthodes d'essai d'ajustement qualitatif à la saccharine ou au Bitrex^{MC}, ou en utilisant des méthodes d'essai d'ajustement quantitatif appropriées comme la méthode de comptage des particules ambiantes à l'aide d'un appareil PortaCount® TSI®. Les utilisateurs doivent être formés sur la façon d'utiliser et d'entretenir correctement leurs respirateurs et l'importance de les porter en tout temps pendant une exposition potentielle.

Veillez également noter que les respirateurs contribuent à réduire l'exposition aux contaminants en suspension dans l'air, mais qu'ils n'empêchent pas l'inhalation de toutes les particules. Par conséquent, lorsqu'ils sont correctement choisis, utilisés et entretenus, les respirateurs peuvent réduire l'exposition à des concentrations jugées sécuritaires pour la plupart des particules non biologiques. Cependant, ils n'éliminent pas le risque d'exposition, d'infection ou de maladie, car aucun niveau d'exposition sécuritaire n'a été établi pour les particules biologiques. Dans de nombreux pays, les types ou les catégories de respirateurs reçoivent un « facteur de protection caractéristique » ou un FPC. Le FPC est la capacité attendue du respirateur de réduire l'exposition lorsqu'il est utilisé conformément à un programme de protection respiratoire efficace. Par exemple, un FPC de 10 signifie qu'un respirateur peut réduire l'exposition par un facteur de 10 (ou 90 %) lorsqu'il est correctement choisi, porté et entretenu. Par conséquent, même si un filtre pouvait théoriquement être efficace à 100 %, le niveau attendu de réduction de l'exposition serait limité par le FPC. Étant donné qu'aucun respirateur n'empêchera l'inhalation de toutes les particules, aucun ne peut éliminer complètement le risque d'exposition, d'infection et de maladie.

Pour de plus amples renseignements sur le choix, l'utilisation et l'entretien appropriés de la protection respiratoire, veuillez consulter la norme de l'OSHA des États-Unis en matière de protection respiratoire (29 CFR 1910.134), la norme EN 529 Respiratory protective devices: Recommendations for selection, use, care and maintenance – Guidance document¹³ ou toute norme ou directive locale applicable.

Un masque chirurgical est un dispositif de prévention des infections conçu pour éviter que l'infection dont est victime l'utilisateur ne soit transmise depuis l'air expiré par celui-ci aux personnes potentiellement vulnérables¹⁴. Un masque chirurgical permet de réduire la contamination du milieu en bloquant les grosses gouttelettes expirées par le porteur. Cependant, étant donné que les masques chirurgicaux ne font pas l'objet d'essai de la même manière que les respirateurs, toute allégation d'« efficacité de filtration » ne peut être comparée directement à celles d'un respirateur^{15,16}. Un masque chirurgical peut également être mis à l'essai pour sa capacité de réduire l'exposition de l'utilisateur aux éclaboussures de fluide ou aux jets à débit élevé. La plupart des masques chirurgicaux ne sont pas conçus pour procurer un joint étanche contre le visage et la recherche a démontré qu'ils n'atteignent pas le niveau de réduction des contaminants qu'assure un respirateur homologué par le NIOSH^{16,17}. Cela a été confirmé dans les études en laboratoire¹⁶ et dans les milieux de travail du secteur de la santé¹⁷. Lorsque les taux d'infection ont été suivis parmi les travailleurs qui portaient des respirateurs N95, les travailleurs qui portaient des masques médicaux et ceux qui ne portaient aucun des deux, les respirateurs N95 se sont révélés offrir une protection significative contre les infections bactériennes et virales, contrairement aux masques chirurgicaux¹⁷. L'OSHA n'a attribué aucun facteur de protection caractéristique aux masques chirurgicaux et ils ne devraient pas être utilisés pour aider à réduire l'exposition aux particules en suspension dans l'air. Pour obtenir une comparaison plus détaillée, consulter le [Bulletin technique 3M - Comparaison entre les respirateurs et les masques chirurgicaux](#).

Dans certains cas, un respirateur homologué peut présenter les mêmes caractéristiques qu'un masque chirurgical. On appelle parfois ces respirateurs des « respirateurs chirurgicaux ». Ces produits peuvent aider à bloquer les grosses gouttelettes expirées par l'utilisateur, mais il a également été démontré qu'ils sont efficaces pour filtrer les particules plus petites et sont conçus pour offrir un ajustement serré contre le visage. En raison de son utilisation supplémentaire comme respirateur, ce type de masque chirurgical (c.-à-d. un respirateur chirurgical) doit également faire l'objet d'un essai d'ajustement. Pour obtenir des renseignements supplémentaires sur les circonstances où des respirateurs chirurgicaux N95 peuvent être nécessaires, consulter le [Bulletin technique 3M – Respirateur chirurgical N95 ou respirateur N95 standard – lequel choisir?](#)

La filtration

Un certain nombre de questions ont été soulevées concernant l'utilisation des respirateurs contre des agents biologiques. La principale question est de savoir si les respirateurs contre les particules peuvent filtrer ou non les petites particules comme les spores fongiques (de 2 à 5 µm), les bactéries (de 0,3 à 10 µm) ou les virus (de 0,02 à 0,3 µm)¹⁷. La taille de divers organismes figure dans le tableau B. Comme il est indiqué précédemment, les organismes biologiques peuvent être transportés sur d'autres particules, notamment la poussière, le sang, la salive, etc.

Les gouttelettes générées par l'éternuement, la toux ou la parole sèchent rapidement dans l'air pour former des noyaux de gouttelettes. On a constaté que les noyaux de gouttelettes générés par la toux, les éternuements et la parole vont du submicron à plus de 20 microns^{18,19}. Des virus de la grippe et d'autres virus ont été recueillis dans l'air exhalé²⁰. On pense que les noyaux de gouttelettes qui contiennent la bactérie *Mycobacterium tuberculosis* peuvent varier de moins de 1 µm à plus de 5 microns^{21,22}. Des particules en suspension dans l'air contenant des virus de la grippe ont été prélevées dans l'air des chambres d'hôpital de patients atteints de la grippe, leur taille variait de moins de 1 µm à plus de 4 µm⁵. Comprendre les mécanismes de filtration peut aider à déterminer si ces particules peuvent ou non être filtrées par des respirateurs contre les particules.

De nombreux respirateurs contre les particules utilisent un matériau filtrant fibreux non tissé pour capturer les particules. Des fibres d'une taille allant de moins de 1 µm à 100 µm s'entrecroisent de manière à former une toile de plusieurs couches principalement constituées d'air en raison des espaces entre les fibres. Ce sont ces espaces entre les fibres qui assurent la respirabilité. Les particules sont retenues, ou capturées, lorsqu'elles traversent les couches du matériau filtrant, et elles peuvent être retenues grâce à plusieurs mécanismes différents. Il s'agit de la sédimentation par gravité, l'impaction inertielle, l'interception, la diffusion et l'attraction électrostatique¹.

Tableau B. Taille de divers micro-organismes

Micro-organisme (nom commun ou maladie)	Taille (µm)
Virus de l'hépatite (hépatite B)	0,042 à 0,047
Adénovirus (infections respiratoires)	0,07 à 0,09
Filovirus (virus Ebola)	Diamètre : 0,08 Longueur : 0,79 à 0,97
<i>Bunyaviridae</i> (hantavirus)	0,08 à 0,012
Orthomyxovirus (grippe A, B et C)	0,08 à 0,012
<i>Coronaviridae</i> (SRAS-CoV, MERS-CoV et SRAS-CoV-2)	0,12
Virus variolique (variole)	Diamètre : 0,14 à 0,26 Longueur : 0,22 à 0,45
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> (TB)	Diamètre : < 1 à > 5
Spore d'anthrax (infection à la maladie du charbon)	Diamètre : 1,0 à 1,5

Pour comprendre comment une particule est capturée, il faut d'abord considérer le mouvement de l'air à travers le matériau filtrant. La circulation de l'air autour d'une fibre peut être décrite en termes de trajectoires de courant d'air imaginaires. Toute particule transportée par l'air peut ou non rester à l'intérieur des trajectoires de courant d'air principalement en fonction de la taille de la particule (diamètre aérodynamique).

Les particules très volumineuses (> 100 µm) présentes dans les courants d'air lents peuvent se sédimer sous l'effet de la gravité. Toutefois, la plupart des particules respirables s'avèrent trop petites pour pouvoir être capturées à l'aide de ce mécanisme. Les particules respirables d'un diamètre supérieur à 0,6 µm sont généralement capturées efficacement par interception et impaction inertielle²³. Ce processus survient lorsqu'une particule, en raison de son inertie, ne peut suivre une trajectoire de courant d'air autour d'une fibre et entre alors en contact avec cette dernière. Dans le mécanisme d'interception, une particule demeure dans la trajectoire du courant, mais est acheminée naturellement jusqu'à une distance assez rapprochée de la fibre pour entrer en contact avec cette dernière. À l'opposé, la diffusion est généralement un mécanisme qui se révèle très efficace avec les particules inférieures à 0,1 µm. En raison de leurs mouvements aléatoires, des molécules d'air entrent en collision avec ces très fines particules, ce qui fait en sorte que ces dernières cheminent à l'extérieur des trajectoires de courant jusqu'à ce qu'elles entrent en contact avec la fibre.

En raison des divers mécanismes par lesquels la filtration des particules se produit, les plus petites particules ne sont généralement pas les plus difficiles à filtrer. La plupart des filtres contre les particules présentent une zone d'efficacité de filtration inférieure pour les particules d'une taille se situant quelque part entre 0,05 µm et 0,5 µm¹. Les particules de cette taille sont suffisamment grosses pour ne pas être retenues par diffusion aussi efficacement et suffisamment petites pour ne pas être capturées par l'interception ou l'impaction aussi efficacement. La taille des particules les plus pénétrantes (TPPP) dépendra du matériau filtrant, du débit d'air et de la charge électrostatique sur la particule. Les filtres qui utilisent l'attraction électrostatique peuvent avoir une TPPP décalée vers une plage de taille légèrement plus petite.

Une question souvent posée est celle de savoir si les filtres des respirateurs retiennent les aérosols biologiques comme ils le font dans le cas d'aérosols non biologiques. En raison de préoccupations concernant l'efficacité des filtres des respirateurs contre le *Mycobacterium tuberculosis* (TB), de nombreuses études ont été menées avec des bioaérosols. Ces évaluations des filtres ont été effectuées dans une gamme de conditions d'essai (débit, humidité), avec diverses espèces biologiques représentant différentes formes (sphères, bâtonnet et forme de bâtonnet/sphère) et tailles, différents niveaux de rendement du filtre et divers matériaux filtrants (mécaniques et à électret; polypropylène et fibre de verre). Ces expériences²⁴⁻²⁹ n'ont révélé aucune différence significative dans la filtration des aérosols biologiques et des aérosols non biologiques ayant des propriétés physiques semblables – autrement dit, l'efficacité de la filtration repose sur la taille des particules plutôt que sur la nature de l'origine des particules³⁰⁻³³. On a constaté que les particules sphériques étaient généralement plus pénétrantes que celles en forme de bâtonnet ayant un diamètre aérodynamique équivalent dans une plage de tailles de particules. Des études dans lesquelles les chercheurs ont mis au défi des respirateurs à masque filtrant N95 et P100 homologués par le NIOSH et les cartouches filtrantes d'éliminer des aérosols de virus viables – y compris les aérosols de la grippe H1N1 – ont indiqué que les respirateurs capturent les aérosols viables de la grippe H1N1 et d'autres aérosols de virus aussi bien, voire mieux, que leur cote d'efficacité de filtration N95 ou P100 respective^{30, 31}. D'autres études se sont penchées sur l'efficacité de filtration des filtres des respirateurs mis au défi d'éliminer des particules de taille nanométrique. Ces études ont révélé que les respirateurs homologués par le NIOSH démontrent une efficacité de

filtration semblable à ce qui était attendu selon leur catégorie d'homologation^{34, 35}. Lorsque les pénétrations étaient légèrement supérieures à 5 %, les résultats n'étaient pas statistiquement beaucoup plus significatifs que 5 %³⁵.

L'efficacité des respirateurs homologués contre les aérosols biologiques et l'incidence de la taille des particules les plus pénétrantes sont présentées aux figures 1 et 2. L'efficacité de filtration contre les aérosols contenant deux types différents de particules de virus grippal (H1N1 et H5N1) a été mesurée pour cinq modèles différents de respirateur à masque filtrant 3M. Les essais ont été effectués au centre médical de l'Université du Nebraska en collaboration avec 3M³⁶⁻³⁸. Les produits mis à l'essai comprenaient des respirateurs N95 homologués par le NIOSH (États-Unis) et des respirateurs homologués FFP2 et FFP3 conformément à la norme EN149 (Europe). Des recherches antérieures ont démontré que, pour les respirateurs à masque filtrant 3M, les produits européens homologués FFP2 offrent des rendements de filtration équivalents ou légèrement supérieurs à ceux des produits N95 homologués par le NIOSH.

Figure 1. Efficacité de filtration de quatre respirateurs à masque filtrant 3M à 85 litres par minute contre un aérosol contenant des particules de virus H1N1.

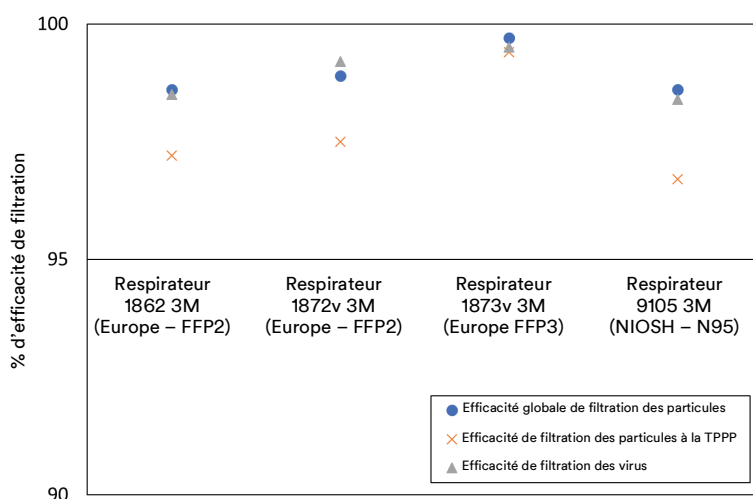
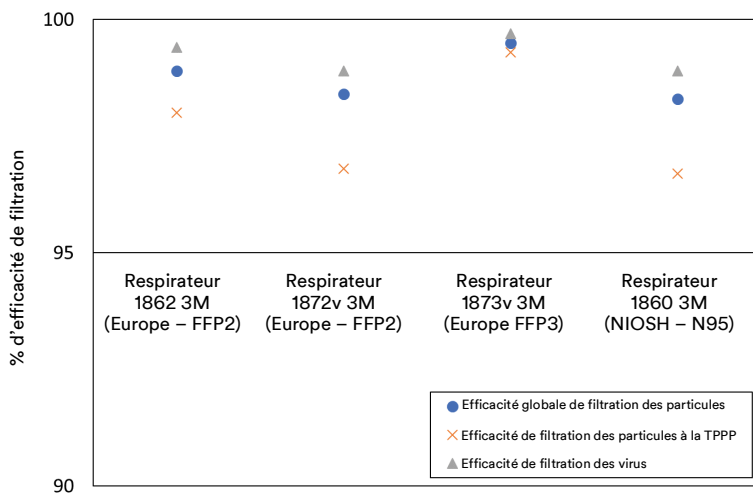


Figure 2. Efficacité de filtration de quatre respirateurs à masque filtrant 3M à 85 litres par minute contre un aérosol contenant des particules de virus H5N1



Trois valeurs d'efficacité de filtration différentes sont représentées aux figures 1 et 2 pour chaque modèle de respirateur. L'efficacité globale de filtration des particules s'entend de l'efficacité de filtration des particules de toutes tailles contenues

dans l'aérosol d'essai du virus de la grippe, allant de moins de 0,010 µm à environ 0,5 µm. L'efficacité de filtration des particules pour la taille des particules les plus pénétrantes (TPPP) s'entend de l'efficacité de filtration des particules contenues dans l'aérosol d'essai du virus de la grippe qui représentaient la taille la plus pénétrante, généralement d'environ 0,04 µm pour les respirateurs mis à l'essai. Enfin, l'efficacité de filtration des virus s'entend de l'efficacité de filtration des particules de virus en fonction d'une réaction en chaîne de la polymérase après transcription inverse quantitative (qRT-qPCR) pour le gène HA de la grippe.

Tous les modèles de respirateur mis à l'essai présentent une efficacité globale de filtration des particules et une efficacité de filtration des particules virales élevées (≥ 98 %). Comme on pouvait s'y attendre, l'efficacité de filtration pour la taille des particules les plus pénétrantes pour tous les modèles de respirateur est inférieure à l'efficacité de filtration globale des particules correspondante. Cependant, chaque modèle de respirateur mis à l'essai présentait une efficacité de filtration élevée pour la taille des particules les plus pénétrantes (≥ 95 %). Le modèle de respirateur démontrant les efficacités de filtration les plus élevées était le respirateur 1873V 3M, qui est homologué FFP3 en vertu de la norme EN149. On s'attendait à cette efficacité de filtration plus élevée, car l'homologation FFP3 exige une efficacité de filtration plus élevée.

Les allégations de filtration, particulièrement en ce qui concerne les bioaérosols, peuvent être complexes. Pour vous aider à maximiser votre niveau de protection, assurez-vous d'utiliser un respirateur qui a été mis à l'essai et approuvé conformément à tous les règlements locaux applicables. Et, tel que mentionné précédemment, l'efficacité de la filtration n'est qu'un des composants requis dont il faut tenir compte au moment de choisir et d'utiliser un respirateur.

Survie des micro-organismes sur les filtres

Un autre domaine d'intérêt concerne la survie des micro-organismes sur les filtres des respirateurs. La survie des micro-organismes pourrait avoir une incidence sur les méthodes d'entreposage et de manipulation. Plusieurs études ont été réalisées à ce sujet. Plus de 18 types de filtres de respirateurs et 5 masques chirurgicaux ont fait l'objet d'études en utilisant plusieurs types de micro-organismes, suivis d'un entreposage dans diverses conditions d'humidité³⁹⁻⁴³. Dans le cadre de ces études, les filtres étaient habituellement chargés en micro-organismes à des concentrations expérimentales supérieures à celles généralement attendues dans la plupart des milieux de travail.

On a ensuite vérifié la survie des micro-organismes dans les filtres en polypropylène utilisés dans ces études pendant des périodes allant d'immédiatement après le chargement jusqu'à 28 jours plus tard, selon l'expérience. Ces études ont révélé la présence d'organismes survivants immédiatement après le chargement et que leur durée de survie était variable, selon les conditions d'entreposage de l'étude. Habituellement, l'entreposage dans des conditions d'humidité élevée était plus favorable à la survie à long terme. Cependant, ces conditions d'entreposage ne représentent pas les pratiques d'entreposage des respirateurs prévues dans la plupart des programmes de protection respiratoire. L'entreposage des masques filtrants utilisés contre les bioaérosols dans des sacs en plastique refermables peut être inapproprié, étant donné que les filtres peuvent être humides après leur utilisation et que l'entreposage dans du plastique maintiendra le niveau d'humidité élevé.

L'une de ces études, qui a examiné la migration de l'organisme à l'intérieur du respirateur à masque filtrant, a conclu que les respirateurs peuvent être réutilisés au fil du temps avec peu de risques de contamination interne, même après une semaine, à condition qu'il soit manipulé et entreposé avec soin (manipulé par les composants non filtrants, p. ex., les sangles)⁴². Les chercheurs ont estimé que toute contamination interne par des bactéries environnementales était attribuable à la manipulation (retrait du sac pour échantillonnage).

Une étude a examiné deux filtres à haute efficacité avec des pourcentages variables de cellulose⁴³. Ces filtres ont été inoculés avec *Stachybotrys atra* et entreposés à une humidité relative (HR) jusqu'à 100 % pendant 86 jours. *S. atra* s'est développé et a produit des toxines sur ces filtres en cellulose dans des conditions d'humidité élevée. Encore une fois, ces conditions ne sont pas typiques de l'utilisation et de l'entreposage normaux de la plupart des respirateurs.

Ces préoccupations ont incité des personnes à affirmer qu'un filtre traditionnel sans revêtement de nanoparticules d'un biocide se transformerait en un terrain propice aux virus ou aux agents bactériologiques. Les études mentionnées ci-dessus n'appuient pas cette allégation. Bien qu'il soit relativement facile de traiter un filtre avec un biocide, il est plus difficile de déterminer son efficacité. L'allégation doit être examinée de près. Les allégations concernent souvent la protection du produit, comme la décomposition microbienne, plutôt que la protection de l'utilisateur. De nombreux pays exigent qu'une allégation d'efficacité du produit biocide pour la protection de l'utilisateur se conforme aux règlements locaux. Aux États-

Unis, les allégations sont réglementées par l'Environmental Protection Agency (EPA). En Europe, les allégations doivent être conformes au Règlement (UE) n° 528/2012 concernant l'utilisation des produits biocides. Si les allégations n'ont pas été approuvées ou ne sont pas conformes, elles peuvent être inappropriées. Très peu de recherches évaluées par des pairs ont été menées sur les respirateurs qui revendiquent actuellement des propriétés antimicrobiennes.

Une enquête sur les respirateurs intégrant des matériaux filtrants traités aux antimicrobiens a révélé qu'il n'y avait pas d'effet perceptible, voire aucun, sur la viabilité des particules pénétrantes⁴⁴. Une autre étude a découvert une différence négligeable dans les fractions d'organismes survivants capturés sur des filtres non traités et sur ceux traités avec de l'iode dans des conditions environnementales semblables⁴⁵.

Le traitement du filtre avec un biocide ne peut qu'aider à prolonger la durée de vie utile du filtre. Alors que la plupart des virus se déposeraient sur le filtre à la suite de la respiration à travers celui-ci, les bioaérosols peuvent se déposer également sur les sangles, le couvercle de la soupape d'expiration (le cas échéant) et les pinces nasales, etc. La manipulation du respirateur nécessite donc toujours des précautions et il se peut qu'un traitement par filtre biocide ne puisse empêcher la propagation de la maladie par contact avec ces composants du respirateur.

Dans l'ensemble, ces études suggèrent de prêter une attention particulière à la manipulation, à la réutilisation et à la mise au rebut des masques filtrants, surtout lorsque l'organisme peut se transmettre par contact. Les mesures de précaution peuvent inclure le port de gants et le lavage des mains après avoir manipulé le respirateur. En ce qui concerne les organismes transmis uniquement par inhalation, la manipulation du respirateur peut ne pas avoir énormément d'importance. Un chercheur a suggéré que les utilisateurs de respirateurs pourraient devoir suivre une formation pour reconnaître les cas d'expositions nécessitant la mise au rebut immédiate des respirateurs⁴⁴.

Nouvelle aérosolisation des micro-organismes recueillis sur les filtres des respirateurs

Une fois qu'une particule est retenue sur une fibre du filtre, elle y adhère au moyen des forces de Van der Waals. Les filtres sont donc généralement de bons collecteurs pour les petites particules. En revanche, une nouvelle aérosolisation est le processus selon lequel tout matériau déposé par voie aérienne sur le filtre peut être remis en suspension dans l'air. Une nouvelle aérosolisation pourrait se produire s'il y avait un retour d'air à haut débit à travers le filtre, comme si l'utilisateur devait tousser ou éternuer pendant qu'il porte le respirateur. À cet égard, une expérience se penchant sur cette possibilité a utilisé trois micro-organismes et deux particules de substitution (particules de chlorure de sodium et de latex au polystyrène) de différentes tailles allant de 0,6 à 5,10 μm ⁴⁶. Trois modèles de respirateurs à masque filtrant contre les particules en ont été chargés. La vitesse de réentraînement était de 300 cm/s. La nouvelle aérosolisation n'a été significative que pour les particules d'essai plus grosses (de 3 μm et 5 μm) dans l'air sec. Il n'y a pas eu de nouvelle aérosolisation lorsque les taux d'humidité relative étaient supérieurs à 35 %. Ces auteurs ont conclu que la nouvelle aérosolisation des bactéries de la TB recueillies et d'autres particules de taille inférieure à quelques microns est négligeable dans les conditions observées dans le port d'un respirateur. Ils ont également émis l'hypothèse que les conclusions étaient également valables pour d'autres filtres composés de matériaux fibreux.

Dans une deuxième étude, les chercheurs ont utilisé des particules de latex au polystyrène de 1 μm pour simuler les spores d'anthrax⁴⁷. Deux modèles de respirateurs à masque filtrant contre les particules étaient chargés d'environ 20 millions de particules. Les respirateurs ont ensuite fait une chute de 1 mètre (3 pi) sur une surface dure. La quantité libérée variait de 0 à 0,5 % et la libération moyenne était de 0,16 % et de 0,29 % pour les deux modèles mis à l'essai. Bien que cette charge représente un degré de charge beaucoup plus élevé que ce à quoi on pourrait s'attendre dans des milieux de travail typiques, cette étude indique qu'une petite, mais constante, fraction des particules de 1 μm capturées par un filtre respiratoire peut être libérée dans l'air. Ces résultats suggèrent de faire preuve de prudence dans la manipulation et la mise au rebut des respirateurs contaminés par des spores d'anthrax.

Choix et utilisation

Lorsqu'une protection respiratoire est utilisée pour réduire les expositions aux bioaérosols, l'utilisateur doit choisir un respirateur homologué conformément aux recommandations des CDC, de l'OMS ou des organismes locaux compétents. Il faut se rappeler que la classification du filtre contre les particules par le NIOSH n'inclut pas la fuite de

la membrane d'étanchéité faciale, seulement la pénétration du filtre. Les normes de rendement européennes EN incluent une exigence de rendement relative à la fuite totale vers l'intérieur. Toutefois, il ne s'agit pas nécessairement de bons indicateurs du rendement du produit en milieu de travail. Par conséquent, le facteur de protection caractéristique doit être pris en compte pour garantir que la réduction attendue à l'exposition respiratoire est adéquate pour l'application prévue.

Une fois qu'un respirateur a été choisi, un programme continu de protection respiratoire efficace, tel que spécifié par les règlements locaux applicables, doit être mis en œuvre. Cela comprend la formation sur les dangers respiratoires, ainsi que les essais d'ajustement de respirateurs, l'entretien, la mise au rebut, etc. Bien entendu, tous les respirateurs doivent être utilisés conformément aux directives d'utilisation applicables.

Bibliographie

1. Hinds, W. C. *Aerosol Technology: Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles*, New York, John Wiley & Sons, 1999.
2. Lenhart S. W., T. Seitz D. Trout et N. Bollinger « Issues Affecting Respirator Selection for Workers Exposed to Infectious Aerosols: Emphasis on Healthcare Settings », *Applied Biosafety*, vol. 9, n° 1 (2004), pp. 20 à 36.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices*, ACGIH, 2009.
4. Holden K. L. « Unmasking leading to a healthcare worker Mycobacterium tuberculosis transmission », *Journal of Hospital Infection*, vol. 100, n° 4 (2018), pp. e226 à e232.
5. Blachere F. M., W. G. Lindsley T. A. Pearce S. E. Anderson, M. Fisher, R. Khakoo, B. J. Meade, O. Lander, S. Davis, R. E. Thewlis, I. Celik, B. Chen et D. H. Beezhold. « Measurement of airborne influenza virus in a hospital emergency department », *Clinical infectious diseases*, vol. 48 (2009), pp. 438 à 440.
6. Stelzer-Braid, S., B. G. Oliver, A. J. Blazey, E. Argent, T. P. Newson, W. D. Rawlinson et E. R. Tovey. 2009. « Exhalation of respiratory viruses by breathing, talking and coughing », *Journal of Medical Virology*, vol. 81, pp. 1674 à 1679.
7. Tellier, R. « Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies », *Journal of The Royal Society Interface*, 6 (suppl. 6) (2009), pp. S783 à S790.
8. Yu, I. T. S., T. W. Wong, Y. L. Chiu, N. Lee et Y. Li. « Temporal-spatial analysis of Severe Acute Respiratory Syndrome among hospital inpatients », *Clinical Infectious Diseases*, *Clinical infectious diseases*, vol. 40 (2005), pp. 1237 à 1243.
9. Yu, I. T. S., Y. Li, T. W. Wong, W. Tam, A. T. Chan, J. H. W. Lee, D. Y. C. Leung et T. Ho. « Evidence of airborne transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Virus », *The New England Journal of Medicine*, vol. 350, n° 17, (2004), pp. 1731 à 1739.
10. Memarzadeh, F., F. et A. P. Manning. « Comparison of operating room ventilation systems in the protection of the surgical site », *ASHRAE Transactions*, vol. 108, n° 2 (2002), pp. 3 à 15.
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists : *Bioaerosols Assessment and Control*, J. Macher (éd.), Cincinnati, Ohio, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1999.
12. EN 132:1999. *Respiratory Protective Devices – Definitions of terms & pictograms*.
13. EN 529:2005. *A Guide to Respiratory Protective Equipment*, 2010. Health and Safety Authority. www.hsa.ie.
14. American Industrial Hygiene Association. *Biosafety Reference Manual*, 2^e éd. P. A. Heinsohn, R. R. Jacobs et B. A. Concoby (éd.), V. A. Fairfax, American Industrial Hygiene Association, 1996.
15. S. Rengasamy, A. Miller, B. C. Eimer et R. E. Shaffer. « Filtration performance of FDA-cleared surgical masks », *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, vol. 26 (2009), pp. 54 à 70.
16. Oberg, T. et L. Brosseau. « Surgical mask filter and fit performance », *American Journal of Infection Control*, vol. 36, n° 4 (2008), pp. 276 à 282.
17. Macintyre, C. R., Q. Wang, B. Rahman, H. Seale, I. Ridda, Z. Gao, P. Yang, W. Shi, X. Pang, Y. Zhang, A. Moa et D. E. Dwyer. « Efficacy of face masks and respirators in preventing upper respiratory tract bacterial colonization and co-infection in hospital healthcare workers », *Preventive Medicine*, vol. 62 (2014), pp. 1 à 7.
18. Cole, E. C. et C. E. Cook. « Characterization of Infectious Aerosols in Health Care Facilities: An aid to Effective Engineering Controls and Preventive Strategies », *American Journal of Infection Control*, *American Journal of Infection Control*, vol. 26 (1998), pp. 453 à 464.
19. Morawska, L., G. R. Johnson, Z. D. Ristovski, M. Hargreaves, K. Mengersen, S. Corbett, C. Y. H. Chao, Y. Li et D. Katoshevski. « Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities », *Journal of Aerosol Science*, vol. 40 (2009), pp. 256 à 269.

20. Stelzer-Braid, S., B. G. Oliver, A. J. Blazey, E. Argent, T. P. Newson, W. D. Rawlinson et E. R. Tovey. 2009. « Exhalation of Respiratory Viruses by Breathing, Coughing, and Talking », *Journal of Medical Virology*, vol. 81 (2009), pp. 1674 à 1679.
21. Centers for Disease Control and Prevention. « Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium Tuberculosis in Health-care Facilities », *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*, vol. 43 (recommandations et rapports 1-13), 1994.
22. Fennelly, K. P. et coll. « Cough-generated Aerosols of Mycobacterium Tuberculosis: A New Method to Study Infectiousness », *Am. J. Critical Care Medicine*, vol. 169 (2004), pp. 604 à 609.
23. Lee, K. W., et B. Y. H. Liu. « On the Minimum Efficiency and the Most Penetrating Particle Size for Fibrous Filters », *Journal of the Air Pollution Control Association*, vol. 30, n° 4, (1972), pp. 337 à 381.
24. Chen, S. K., D. Vesley, L.M. Brosseau et J. H. Vincent. « Evaluation of single-use masks and respirators for protection of health care workers against mycobacterial aerosols », *Am. J. Infect. Control*, vol. 22 (1994), pp. 65 à 74.
25. Brosseau, L. M., N. V. McCullough et D. Vesley. « Mycobacterial aerosol collection efficiency of respirator and surgical mask filters under varying conditions of flow and humidity », *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 12, n° 6 (1997), pp. 435 à 445.
26. McCullough, N. V., L. M. Brosseau et D. Vesley. « Collection of three bacterial aerosols by respirator and surgical mask filters under varying conditions of flow and relative humidity », *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 41, n° 6 (1997), pp. 677 à 690.
27. Qian, Y., K. Willeke, S. A. Grinshpun, J. Donnelly et C. C. Coffey. « Performance of N95 Respirators: Filtration Efficiency for Airborne Microbial and Inert Particles », *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 59 (1998), pp. 128 à 132.
28. Willeke, K., Y. Qian, J. Donnelly, S. A. Grinshpun et V. Ulevicius. « Penetration of airborne microorganisms through a surgical mask and a dust/mist respirator », *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 57 (1996), pp. 348 à 355.
29. Richardson A. W., J. P. Eshbaugh, K. C. Hofarce et P. D. Gardner. « Respirator Filter Efficiency Testing against Particulate and Biological Aerosols under Moderate to High Flow Rates », *Edgewood Chemical Biological Center ECBC-CR-085*, 2006.
30. Garner, P. D., J. P. Eshbaugh, S. D. Harpest, A. W. Richardson et K. C. Hofacre. « Viable Viral Efficiency of N95 and P100 Respirator Filters at Constant and Cyclic Flow », *Journal of Occupational and Environment Hygiene*, vol. 10, n° 10 (2013), pp. 564 à 572.
31. Harnish D. A., B. K. Heimbuch, M. Husband, A. E. Lumley, K. Kinney, R. E. Shaffer et J. D. Wander. « Challenge of N95 Filtering Facepiece Respirators with Viable H1N1 Influenza Aerosols », *Infect. Infection Control and Hospital Epidemiology*, vol. 34, n° 5 (2013), pp. 494 à 499.
32. Balazy, A., M. Taivola, A. Adhikari, S. K. Sivasubramani, T. Reponen et S. A. Grinshpun. « Do N95 respirators provide 95% protection level against airborne viruses and how adequate are surgical masks? », *Am. J. Infect. Control*, vol. 34 (2006), pp. 51 à 57.
33. Eninger, R. M., T. Honda, A. Adhikari, H. Heinonen-Tanski, T. Reponen et S. A. Grinshpun. « Filter Performance of N99 and N95 Facepiece Respirators against Viruses and Ultrafine Particles », *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 52, n° 5 (2008), pp. 385 à 396.
34. Rengasamy, S., B. C. Eimer et R. S. Shaffer. « Comparison of Nanoparticle Filtration Performance of NIOSH-approved and CE-Marked Particulate Filtering Facepiece Respirators », *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 53, n° 2 (2009), pp. 117 à 128.
35. Rengasamy, S., R. Verbofsky, W. P. King et R. E. Shaffer. « Nanoparticle Penetration through NIOSH-Approved N95 Filtering Facepiece Respirators », *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, vol. 24 (2007), pp. 49 à 59.
36. Lore, M. B., A. R. Sambol, D. A. Japuntich, L. M. Franklin et S. H. Hinrichs. « Inter-laboratory performance between two nanoparticle air filtration systems using scanning mobility particle analyzers », *Journal of Nanoparticle Research*, vol. 13 (2011), pp. 1581 à 1591.
37. Lore, M. B., J. M. Sebastian T. L. Brown A. S. Viner N. V. McCullough et S. H. Hinrichs. « Performance of Conventional and Antimicrobial-Treated Filtering Facepiece Respirators Challenged with Biological Aerosols », *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 9, n° 2 (2011), pp. 69 à 80.
38. Hinrichs, S. H., M. B. Lore et T. L. Brown. Filtration Performance of Five Respirator Models when Challenged with H1N1 and H5N1 Influenza Virus Aerosols, 20 octobre 2010, rapport du centre médical de l'Université du Nebraska pour la Compagnie 3M.

39. Brosseau, L. M., N. V. McCullough et D. Vesley. « Bacterial Survival on Respirator Filters and Surgical Masks », J. Am. Biol. Saf. Assoc., vol. 2 (1997), pp. 232 à 243.
40. Reponen, T. A., Z. Wang, K. Willeke et S. A. Grinshpun. « Survival of Mycobacteria on N95 Personal Respirators », Infect. Control Hosp. Epidemiol. vol. 20 (1999), pp. 237 à 241.
41. Wang, Z., T. A. Reponen et K. Willeke. « Survival of bacteria on respirator filters », Aerosol Science and Technology, vol. 30, n° 3 (1999), pp. 300 à 308.
42. Johson, B., D. R. Winters, T. R. Shreeve et C. C. Coffey. « Respirator Filter Reuse Test Using the Laboratory Simulant Mycobacterium Tuberculosis (H37RA Strain) », J. Am. Biol. Saf. Assoc., vol. 3 (1998), pp. 105 à 116.
43. Pasanen, A., M. Nikulin, S. Berg et E. Hintikka. « Stachybotrys atra corda may produce mycotoxins in respirator filters in humid environments », American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 55 (1994), pp. 62 à 65.
44. Eninger, R. M., A. Adhikari, T. Reponen et S. A. Grinshpun. « Differentiating Between Physical and Viable Penetrations When Challenging Respirator Filters with Bioaerosols », Clean, vol. 36, n° 7 (2008), pp. 615 à 621.
45. Wu, C.-Y., J.-H. Lee, L. Riemenschneider et A. D. Theodore. « Evaluation of the Performance of Iodine-Treated Biocide Filters Challenged with Bacterial Spores and Viruses », Rapport n° AFRL-RX-TY-TR-2008-4511 de l'Air Force Research Laboratory, 2008.
46. Qian, Y., K. Willeke, S. A. Grinshpun et J. Donnelly. « Performance of N95 Respirators: « Performance of N95 respirators: reaerosolization of bacteria and solid particles », American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 58 (1997), pp. 876 à 880.
47. Kennedy, N. J., et W. C. Hinds. « Release of simulated anthrax particles from disposable respirators », Journal of Occupational and Environment Hygiene, vol. 1 (2004), pp. 7 à 10.

Division des produits de protection individuelle

3M Center, Building 235-2W-70
St. Paul, MN 55144-1000

Les produits de la Division des produits de protection individuelle de 3M sont destinés à un usage en milieu de travail seulement.

Aux États-Unis

Service technique : 1 800 243-4630
Service à la clientèle : 1 800 328-1667
3M.com/workersafety

Au Canada

Service technique : 1 800 267-4414
Service à la clientèle : 1 800 364-3577
3M.ca/Securite

© 2020, 3M. Tous droits réservés.

3M est une marque de commerce de la Compagnie 3M et de ses sociétés affiliées, et Bitrex est une marque de commerce de Johnson Matthey Public Limited Company, utilisées sous licence au Canada. Toutes les autres marques de commerce appartiennent à leurs propriétaires respectifs.
Veuillez recycler. Version 4, avril 2020

