

AVIS

Relatif au recours à des unités mobiles de purification de l'air dans le cadre de la maîtrise de la diffusion du SARS-CoV-2 dans les espaces clos

14 mai 2021 et 21 mai 2021

Le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a été saisi le 5 mai 2021 par la Direction générale de la santé (DGS) sur l'opportunité du recours aux purificateurs d'air en intérieur, notamment dans les situations où une ventilation naturelle ou mécanique ne permet pas un taux de renouvellement de l'air intérieur suffisant, en prenant en considération les dangers identifiés pour la santé humaine et en précisant la place de ces dispositifs vis-à-vis des mesures barrières déjà définies.

Dans le cas où les données scientifiques disponibles s'avèreraient insuffisantes pour répondre à ces questions, il est également demandé de bien vouloir fournir des lignes directrices en vue d'établir un protocole permettant d'évaluer l'intérêt de recourir à ces dispositifs dans le contexte de l'épidémie de Covid-19 (Annexe 1).

Afin de répondre à cette saisine en lien avec la pandémie de Covid-19 en cours et au mode de transmission du virus SARS-CoV-2, le HCSP a sollicité le groupe de travail (GT) permanent Covid-19 composé d'experts membres ou non du HCSP. Un sous-groupe dédié à cette saisine a été constitué (Annexe 2).

Le GT a travaillé, en urgence, selon la méthode du HCSP, intégrant une recherche et une analyse de la documentation disponible (articles scientifiques et recommandations internationales existantes), la rédaction d'une synthèse des données scientifiques et techniques et la réalisation d'auditions auprès des parties prenantes (Annexe 3) dans un délai de réponse à la saisine très court. Le HCSP précise que seuls les articles publiés et revus par des pairs ont été synthétisés et insérés dans cet avis.

1. Le HCSP rappelle la chronologie de la pandémie de Covid-19 et les dernières données épidémiologiques de Santé publique France (SpF) (Annexe 4)

2. Le HCSP rappelle quelques définitions

- Un dispositif de « purification » d'air :
 - Comporte une technologie de traitement d'air (piégeage et/ou destruction d'éléments indésirables) et un ventilateur qui brasse l'air de la pièce par des entrées d'aspiration et de soufflage d'air.
 - Il faut distinguer deux familles distinctes de ces dispositifs :
 - Les unités mobiles qui sont des appareils visant à traiter l'air dans un local de manière globale. Un ou plusieurs appareils sont installés dans le même local et le traitement est assuré par les équipements travaillant sur le même volume d'air à traiter.
 - Les systèmes de purification d'air associés à des centrales HVAC (chauffage, ventilation et air conditionné), non abordés dans cet avis.
 - Vise à éliminer ou réduire la présence dans l'air ambiant de gaz ou particules (contaminants chimiques, particules inertes ou microorganismes).

- Différents procédés peuvent être utilisés pour éliminer les particules virales en suspension dans l'air et qui sont aspirées par l'appareil :
 - La filtration de particules ;
 - L'oxydation de la matière organique, par exemple par rayonnements ultra-violets, ozone, plasma froid, photocatalyse, combustion etc. Ces appareils sont souvent plutôt commercialisés comme des appareils destinés à éliminer les composés organiques volatils (COV) ;
 - L'adsorption (le plus souvent sur un charbon actif en grains ou un tissu imprégné) qui n'a qu'une action complémentaire par rapport aux techniques principales (filtration, oxydation). Elle permet de piéger certaines molécules organiques et détruire des molécules oxydantes, sous-produits de certains procédés (ozone, ...).

Le HCSP rappelle que les unités mobiles de purification de l'air sont souvent commercialisées en revendiquant une amélioration de la qualité de l'air intérieur d'une maison ou d'un espace public. À titre d'exemple, il peut s'agir de la réduction des odeurs, ou de l'élimination des pollens, des particules, ou encore de certains composés organiques ou minéraux considérés comme toxiques.

Le présent avis ne concerne donc que les équipements et procédés qui revendiquent une efficacité de lutte contre les agents infectieux dont le virus SARS-CoV-2. Certains procédés peuvent être associés dans un même dispositif.

Le HCSP analyse principalement dans cet avis le procédé de filtration sur filtre HEPA (*high-efficiency particulate air*) H13 ou H14 (norme internationale ISO) ou son équivalent dans des classifications différentes comme la classification MERV (*Minimum Efficiency Reporting Value*). Cette filtration peut être associée à des procédés complémentaires de traitements physico-chimiques de l'air.

Les différents procédés utilisés par les purificateurs d'air sont détaillés dans différents avis [1] ou publications [2] (Annexe 5).

3. Le HCSP a pris en compte les recommandations nationales (Anses, INRS, HCSP)

3.1 Avis de l'Anses - 2017

Identification et analyse des différentes techniques émergentes d'épuration d'air intérieur [1]

Le HCSP rappelle que cet avis de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) aborde essentiellement l'épuration de tous les polluants identifiés comme présents dans l'air intérieur, le terme polluant étant largement assimilé à des composés chimiques. La contamination virale n'est pas réellement examinée.

L'Anses rappelle que pour réduire l'exposition aux polluants de l'air intérieur, il convient en premier lieu de limiter les émissions à la source, d'aérer et de ventiler les espaces intérieurs des bâtiments.

Au regard des résultats de son expertise, l'Anses souligne que, d'une façon générale, les données scientifiques collectées et analysées ne permettent pas de démontrer l'efficacité et l'innocuité en conditions réelles d'utilisation des dispositifs d'épuration de l'air intérieur fonctionnant sur les principes de la catalyse ou photocatalyse, du plasma, de l'ozonation ou de l'ionisation.

L'Anses recommande la mise en place d'une certification des dispositifs d'épuration de l'air intérieur, les essais devant être conduits dans les conditions les plus proches possibles des conditions d'utilisation de ces dispositifs.

Concernant l'évaluation des différents dispositifs d'épuration de l'air, l'Anses indique que, indépendamment de l'efficacité théorique d'une technologie donnée, ce sont les conditions effectives de sa mise en œuvre qui déterminent l'efficacité.

Dans ce contexte, afin d'assurer la sécurité des utilisateurs, elle recommande la mise en place d'une certification de chaque dispositif qui revendique une épuration de l'air intérieur.

Les essais pour certaines techniques émergentes devront considérer :

- L'efficacité du dispositif à réduire le ou les polluant(s) visé(s),
- Les émissions de polluants liées au fonctionnement du dispositif,
- Les émissions de sous-produits, issues de la dégradation incomplète de polluants,
- Les réactions des émissions du dispositif avec des polluants présents dans l'environnement intérieur,
- Les effets du vieillissement du dispositif sur l'efficacité et l'émission de polluants et de sous-produits de dégradation.

L'Anses précise enfin que les essais devront être conduits dans les conditions les plus proches possibles de conditions d'utilisation du produit, dans différents environnements ciblés.

3.2 Fiche pratique de sécurité ED 149 de l'INRS – Janvier 2021 [3]

Ventilation, chauffage et climatisation : quelles précautions prendre contre le Covid-19 ?

Cette fiche pratique de sécurité relative aux systèmes de ventilation mécanique contrôlée (VMC) s'adresse aux locaux tertiaires et industriels. Il est précisé que chaque situation étant particulière, les recommandations émises par l'INRS ne dispensent pas de la réalisation d'une évaluation préalable des risques, en faisant appel si besoin à des organismes de prévention (services de santé au travail, Carsat/Cramif/CGSS, etc.).

Pour les purificateurs d'air, l'INRS précise que ce sont des dispositifs qui aspirent l'air d'un local et qui le rejettent dans ce même local après l'avoir traité par différents procédés.

- Certains de ces dispositifs basés sur une filtration HEPA peuvent diminuer la concentration des aérosols susceptibles de porter le virus dans l'air. Cependant, les épurateurs d'air ne peuvent en aucun cas se substituer aux apports d'air extérieur et ne doivent être utilisés que comme des compléments aux systèmes de ventilation.
- En cas d'utilisation d'un épurateur d'air intérieur, seuls les dispositifs équipés de filtres HEPA de classe minimale H13 selon la norme EN 1822-1 [22] permettent d'arrêter efficacement les aérosols susceptibles de porter le virus, à condition d'un entretien régulier suivant les préconisations du fournisseur.
- Il est fortement déconseillé de choisir des appareils utilisant un traitement physico-chimique de l'air (catalyse, photocatalyse, désinfection par UV, plasma, ozonation, charbons actifs) dont l'efficacité de destruction des virus dans l'air est difficile à vérifier et qui, pour certains, peuvent impacter négativement la qualité de l'air intérieur à la suite d'une dégradation incomplète de polluants chimiques conduisant à la formation de composés potentiellement dangereux pour la santé.
- Enfin, il est nécessaire de vérifier que ces « épurateurs » d'air intérieur n'engendrent pas des vitesses d'air trop élevées dans les locaux pour limiter la dispersion des gouttelettes.

3.3 Avis du HCSP du 25 juin 2020, révisé le 7 juillet 2020

Place de l'ozone, des rayonnements ultraviolets C et des sas de passage en tant que procédés de désinfection dans le contexte de la pandémie de Covid-19 [4]

- Les performances de désinfection des rayonnements UV-C et de l'ozone envers de nombreux micro-organismes sont connues depuis des décennies.
- Des préconisations d'usage et de protections spécifiques à chaque situation sont nécessaires pour prévenir des risques et/ou des conditions de faible efficacité de ces procédés.
- La littérature scientifique concernant la désinfection de l'air contaminé par le virus SARS-CoV-2 par ces procédés est assez limitée, ce qui ne permet pas au HCSP de définir la place et l'intérêt de ces procédés spécifiquement envers ce virus dans ces types de situations.
- Le HCSP recommande de mettre en place sans délai un groupe de travail interdisciplinaire chargé d'examiner les indications pour de nouvelles utilisations de ces procédés de désinfection et de rédiger des protocoles d'usage garantissant leur efficacité et leur innocuité. Des études

et recherches devraient également être conduites concernant ces procédés de désinfection envers le virus SARS-CoV-2.

3.4 Avis du HCSP du 28 avril 2021

Adaptation des mesures d'aération, de ventilation et de mesure du dioxyde de carbone (CO₂) dans les établissements recevant du public (ERP) [5]

Le HCSP préconise la mise en place d'une stratégie environnementale de maîtrise de la qualité de l'air dans chaque ERP. Cette maîtrise de l'aération/ventilation des ERP doit constituer un point fort sur lequel peut s'appuyer un protocole sanitaire, d'autant plus lorsque certaines mesures barrières, notamment le masque ou la distance interindividuelle) ne sont pas adaptées à l'activité d'un ERP lors de sa réouverture (ex. restaurants, écoles maternelles, etc.).

Le HCSP recommande par ailleurs :

- D'effectuer une aération des espaces clos des ERP en présence des personnes et d'ouvrir les fenêtres au moins 5 minutes toutes les heures. Dans les établissements scolaires et universitaires en particulier, il est proposé de laisser les portes et les fenêtres ouvertes entre les cours et les enseignements (aération transversale). Seules les fenêtres doivent rester ouvertes pendant les cours ou enseignements (l'idéal est d'ouvrir deux fenêtres, si possible, pour favoriser la circulation de l'air).
- Dans les situations où l'aération n'est actuellement pas possible ou insuffisante (ex. fenêtres bloquées), des solutions techniques doivent être mises en place (par ex. abattants ou aérateurs dans la partie supérieure des fenêtres, ventilation par insufflation, etc.). La diminution du taux d'occupation des locaux peut alors contribuer à l'obtention d'une qualité de l'air satisfaisante.
- Le HCSP indique que le taux de renouvellement de l'air peut être approché facilement par la mesure de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) dans l'air à des points et des périodes représentatives en période d'occupation. Une concentration en CO₂ supérieure à un seuil de 800 ppm doit conduire dans tous les cas à ne pas occuper la salle et à agir en termes d'aération/renouvellement d'air et/ou de réduction du nombre de personnes admises dans les locaux d'un ERP.

En complément de cet avis, le HCSP précise que le taux de CO₂ est un indicateur indirect de la performance de la ventilation et de l'éventuelle contamination virale de l'air, qui doit être mesuré dans une activité de routine (jauge d'accueil habituelle). Un taux de CO₂ faible ne garantit pas toujours une faible concentration virale en SARS-COV-2, notamment dans le cas où il y a peu de personnes dans un local donné et qu'elles seraient en nombre significatif porteuses du virus. De plus, toujours dans le cas où peu de personnes sont présentes, l'indicateur CO₂ peut indiquer un seuil de concentration en CO₂ conforme alors que la ventilation n'est pas performante. Il est donc très important de respecter les autres mesures barrières d'une part, et d'autre part de respecter les débits de ventilation réglementaires.

4. Le HCSP a pris en compte les recommandations internationales (cf. Annexe 6)

Conseil Supérieur de la Santé (CSS)- Belgique – Février 2021 [6]

Recommandations relatives à la ventilation des bâtiments, hors hôpital et institutions de soins, pour limiter la transmission du SARS-CoV-2 par voie aéroportée

Le CSS belge propose une hiérarchie des mesures à respecter afin de diminuer le risque de contamination par le SARS-CoV-2 dans des espaces intérieurs :

1. La mesure la plus importante, et à faire avant toute autre action, est de **ventiler** le plus possible en coupant complètement la recirculation et en apportant 100 % d'air extérieur. Une ventilation efficace avec 100 % d'air extérieur diminue fortement le risque de transmission du SARS-CoV-2 par aérosols et est considérée comme suffisante.
2. S'il est impossible de couper complètement la recirculation, il est recommandé **d'augmenter au maximum le débit d'air neuf**.

3. Si augmenter le débit d'air neuf ne suffit pas, étant donné que la recirculation d'air augmente le risque de transmission en faisant recirculer dans les locaux un air potentiellement contaminé, une solution est d'installer **une filtration centralisée** suffisamment efficace **dans le système de recirculation d'air** (les filtres HEPA et les précipitateurs électrostatiques sont les plus efficaces).
4. S'il est impossible d'installer une filtration centralisée dans le système de recirculation (ex. perte de charge trop importante avec des filtres de type HEPA) ou que la ventilation n'est vraiment pas suffisante dans certains locaux, il faut prendre d'autres mesures à choisir selon chaque situation particulière :
 - Dans le cas particulier où le renouvellement de l'air (par le système de ventilation et/ou par l'ouverture des fenêtres) n'est pas suffisant et que le taux d'occupation du local ne peut pas être réduit, il est éventuellement possible de recourir à des systèmes de purification d'air mobiles, à condition qu'ils soient équipés de filtres HEPA ou à précipitation électrostatique avec une capacité de débit de 2 - 5 ACH.
 - Cette option ne doit être envisagée que dans le cas où il est impossible d'éviter la recirculation de l'air dans le système de ventilation ou si une purification locale est nécessaire. Elle permet au mieux de compenser partiellement une ventilation insuffisante, mais ne peut certainement pas se substituer entièrement à une ventilation.
 - En cas de ventilation suffisante dans un local avec un apport de 100 % d'air extérieur, l'usage de dispositifs complémentaires de purification de l'air n'est pas à envisager.

La synthèse des autres recommandations internationales 2020/2021 (CDC, ECDC, *Public Health Agency of Canada, Public Health of Ontario*, Finlande, USEPA) [7 à 13] sont disponibles en Annexe 6 de cet avis.

Synthèse des recommandations internationales

Les filtres HEPA de haute qualité sont considérés comme des filtres efficaces pour et retenir les particules en suspension dans l'air, y compris certains virus la plupart du temps adsorbés sur ou intégrés dans les particules. Ils peuvent équiper les unités mobiles de purification de l'air (purificateurs d'air).

L'utilisation de purificateurs d'air ne peut, à elle seule, garantir un faible niveau de particules virales en suspension dans l'air.

Les purificateurs d'air ne doivent pas être considérés comme des substituts aux systèmes de chauffage/ventilation mécanique/climatisation (CVC), à la distanciation physique et aux autres mesures barrières dont le port de masque. Ils pourraient être considérés comme une protection supplémentaire des systèmes de CVC et de la gestion de la densité de personnes.

Toutefois, un purificateur d'air équipé d'un filtre HEPA, s'il filtre des particules infectieuses présentes dans l'air, n'a aucun impact sur le taux de renouvellement d'air et donc sur le taux de CO₂, directement lié à la performance de l'aération/ventilation mécanique et à la densité de personnes présentes dans une pièce donnée.

Le choix d'un purificateur d'air doit être adapté aux dimensions et à la configuration du lieu d'installation.

5. **Le HCSP a pris en compte les données de la revue de la littérature scientifique relative aux purificateurs d'air (cf. Annexe 7) et notamment :**

***Indoor Air Changes and Potential Implications for SARS-CoV-2 Transmission* [14]**

En synthèse, cet article souligne l'importance des systèmes de ventilation des bâtiments par renouvellement d'air provenant de l'extérieur et filtré pour la maîtrise de la transmission du SARS-CoV-2. Ces systèmes de ventilation et de filtration d'air recyclé dans des conduits d'air sont à

différencier d'unités de filtration mobile installées dans une pièce, qui filtrent certaines particules ou polluants mais ne font que brasser l'air plus ou moins complètement de la pièce.

COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation [15]

Cette revue a analysé 394 publications, dont 109 documents inclus dans l'analyse. Dans l'ensemble, même si les preuves solides à l'appui des pratiques actuelles sont très rares, une filtration appropriée reste une approche importante pour maintenir la qualité de l'air intérieur dans les hôpitaux.

Prevention of exposure to and spread of COVID-19 using air purifiers: challenges and concerns [16]

Les stratégies de prévention des infections ne doivent pas conduire à sur-augmenter le risque de transmission par une mauvaise utilisation de techniques comme les purificateurs d'air qui auraient dû être positionnés différemment pour ne pas générer ces flux d'air. Par conséquent, l'utilisation de purificateurs d'air pour contrôler la propagation du SARS-CoV-2 doit être abordée avec prudence.

Airborne transmission of virus-laden aerosols inside a music classroom: Effects of portable purifiers and aerosol injection [17]

Cette étude évalue par modélisation les effets du placement de purificateurs d'air portatifs équipés de filtres HEPA à différents endroits à l'intérieur d'une salle de classe de musique en fonction de différents niveaux d'aérosols (ex. avec ou sans masques, différents instruments de musique, etc.). Les auteurs concluent qu'un placement adéquat des purificateurs pourrait offrir des avantages importants dans la réduction des aérosols. Par contre, un placement inadéquat des purificateurs pourrait aggraver la situation. Cette étude suggère que le purificateur d'air soit placé loin des personnes à protéger.

Airborne Transmission of COVID-19 and Mitigation Using Box Fan Air Cleaners in a Poorly Ventilated Classroom [18]

Cette étude (à ce jour en pré publication) porte sur la transmission d'aérosols dans une salle de classe équipée d'unités mobiles de filtration économiques associant un filtre (niveau de performance MERV 13) fixé sur un ventilateur standard. L'étude montre que placer une telle unité mobile de filtration dans la salle de classe réduit substantiellement le risque aéroporté de transmission dans tout l'espace. Plusieurs unités mobiles de filtration seront plus efficaces qu'une installation plus importante. Le nombre et le placement des ventilateurs/purificateurs d'air doivent être ajustés pour maintenir l'efficacité pour les grandes salles de classe et pour tenir compte du gradient thermique. L'étude montre que ces unités mobiles de filtration artisanales peuvent servir d'alternative efficace à faible coût pour atténuer les risques de transmission aéroportée dans les espaces mal ventilés.

Is it Safe to Reopen Theaters During the COVID-19 Pandemic? [19]

L'objectif de cette étude était de modéliser la diffusion d'aérosol viral libéré par une personne infectée par le SARS-CoV-2 dans une salle de théâtre avec un système de ventilation/filtration. Les auteurs concluent que les théâtres peuvent être ouverts en toute sécurité à condition de filtrer l'air ventilé ou d'aérer avec de l'air frais et lorsque le public est assis dans des sièges séparés et porte des masques.

A guideline to limit indoor airborne transmission of COVID-19 [20]

Les auteurs ont construit des modèles de transmission de maladies aéroportées afin de proposer une « ligne directrice » qui donnerait une limite supérieure de « temps d'exposition cumulatif », calculé à partir du nombre d'occupants et de leur temps passé dans un espace clos. Ils démontrent comment ce lien dépend des taux de ventilation et de filtration de l'air, des dimensions de la pièce, de l'activité respiratoire, de l'utilisation du masque par les occupants, et de l'infectiosité des aérosols respiratoires. Des études de cas sont présentées pour les salles de classe et les cabinets de soins infirmiers. Une feuille de calcul et une application en ligne sont fournies pour faciliter l'utilisation de ces lignes directrices.

Synthèse de la littérature scientifique analysée

Une ventilation mécanique et des taux de filtration élevés éliminent plus rapidement les particules de l'air intérieur que les situations sans ventilation mécanique avec des taux élevés de filtration, réduisant ainsi l'intensité de l'exposition et la durée pendant laquelle les aérosols respiratoires restent en suspension dans une pièce.

Pour réduire la transmission à distance du SARS-CoV-2 dans les espaces intérieurs de faible volume (p. ex. salles de classe, magasins de détail, maisons en cas de visite d'invités), un taux de 4 à 6 renouvellements d'air par heure apparaît relativement efficace, en combinant les éléments suivants :

- ventilation par apport d'air extérieur,
- et air recyclé qui passe par un filtre ayant au moins une valeur d'efficacité minimale correspondant à MERV13 ou F9,
- ou passage de l'air dans des purificateurs d'air portatifs munis de filtres HEPA de performance minimum H13.

Toutefois, le positionnement adéquat des purificateurs est indispensable pour permettre la réduction des aérosols (afin d'avoir plusieurs ordres de grandeur d'élimination des aérosols en comparaison avec l'absence de purificateurs). Il tiendra compte du volume du local et des obstacles éventuels pour les flux d'air.

Un placement et des flux d'air inadéquats des purificateurs peuvent favoriser la transmission interindividuelle du SARS-CoV-2 dans un espace clos.

6. Le HCSP tient compte des éléments techniques des unités mobiles de purification d'air suivants

- Si la plupart des unités mobiles de purification de l'air sont équipés de filtres HEPA ou équivalents, d'autres procédés d'épuration de l'air intérieur existent, associés ou non :
 - Le rayonnement UV est couramment utilisé pour détruire les virus dans les laboratoires, l'industrie alimentaire et les salles d'opération. Cependant, les sous-produits créés lors de l'utilisation de cette technique doivent être pris en compte, notamment l'ozone, qui s'est avéré avoir des effets néfastes sur la santé (valeur HTP = concentration connue pour être nocive à 0,05 ppm en 8 heures).
 - L'oxydation photocatalytique et la désinfection au plasma « froid » sont également utilisées pour détruire les virus, mais ces techniques peuvent produire également des sous-produits secondaires, notamment du formaldéhyde (cancérogène), de l'acétaldéhyde, des oxydes d'azote et de l'ozone.
 - Les ioniseurs, ou ionisateurs d'air qui libèrent des ions négatifs dans l'air peuvent produire lors de leur utilisation des particules nocives, des particules ultrafines et de l'ozone lors de leur utilisation.
- Les filtres HEPA de haute qualité sont efficaces pour capturer les particules en suspension dans l'air contenant des virus lorsqu'elles sont aspirées par le filtre. Certaines unités de filtration mobiles sont équipées de ce type de filtre de haute efficacité.
- L'utilisation d'unités mobiles de purification de l'air équipées d'un filtre HEPA de niveau minimum H13 ou d'un filtre de niveau d'efficacité comparable (selon le standard MERV) doit être envisagée en complément et non pas en substitution d'un système de ventilation fonctionnelle. Ces unités n'ont pas d'effet sur le renouvellement de l'air du local où elles sont installées car seules les ventilations mécaniques avec apport d'air neuf extérieur ou l'aération par ouverture des ouvrants le permettent. Elles n'ont pour objectif que de retenir physiquement les particules transportées par l'air et ne génèrent pas d'impuretés secondaires nocives si elles ne procèdent que par filtration.
- Selon les débits d'air épuré et les obstacles présents dans le local où elles sont installées, les unités mobiles de purification de l'air traitent des volumes différents et doivent être placées à des endroits d'une pièce adaptés et étudiés et surtout ne pas engendrer de flux d'air vers ou entre les visages des personnes présentes.
- Les capacités d'épuration de l'unité mobile sont dépendantes de ses performances techniques mais aussi de la configuration architecturale de l'espace clos et de sa position ou de son emplacement. Ces performances doivent également tenir compte du nombre prévu d'utilisateurs, des différents types d'utilisateurs et de l'activité des utilisateurs :
 - Les essais de performance des unités mobiles de purification d'air devront considérer l'efficacité du dispositif à réduire les particules de taille entre 0,5 µm et 10 µm.
 - Ces essais devront être conduits sur des bancs d'essais ou en chambre expérimentale et dans des configurations les plus proches possibles des conditions d'utilisation du dispositif, dans différents environnements ciblés.
 - Ces performances sont atteintes par le respect des normes relatives aux filtres HEPA ou équivalents mais aussi aux unités mobiles de purification elles-mêmes (filtre + appareillage).
 - Classification des filtres à très haute efficacité :
 - Norme ISO 29 463-1 (septembre 2017) : Filtres et média à très haute efficacité pour la rétention particulaire - Partie 1 : Classification, essais de performances et marquage. [21]
 - Il existe aussi une norme européenne et française : NF EN 1822-1 (NF X 44-014-01) (Avril 2019) : Filtres à air à haute efficacité [EPA, HEPA et ULPA]. Partie 1 : Classification, essais de performance et marquage [22]. Elle s'impose en Europe et en France alors que la norme ISO

précédente n'est pas une obligation car elle n'a pas été reprise par la commission européenne de normalisation

- Performances intrinsèques des épurateurs d'air autonomes :
 - Norme NF B44-200 (Mai 2016) : Épurateurs d'air autonomes pour applications tertiaires et résidentielles -Méthodes d'essai - Performances intrinsèques [23].

Recommandations du HCSP

- **En premier lieu, mettre en place une stratégie environnementale de maîtrise de la qualité de l'air** par l'aération/ventilation dans chaque ERP pour réduire le risque de transmission du SARS-CoV-2 (cf. Avis du HCSP du 28 avril 2021 [5]). Cette maîtrise du renouvellement d'air par apport d'air neuf extérieur des ERP doit constituer un point fort des protocoles sanitaires (et ceci dans le respect de la réglementation sanitaire départementale. Le taux de renouvellement de l'air d'un espace clos peut être évalué par l'utilisation d'un capteur de CO₂ qui permet d'adapter la densité de personnes présentes dans une salle ou d'évaluer la nécessité d'un apport d'air neuf extérieur supplémentaire par aération/ventilation.
- **En cas de ventilation fonctionnelle et suffisante et d'aération possible dans un local**, l'utilisation d'unités mobiles de purification d'air n'est pas nécessaire.
- **En cas de ventilation (VMC) insuffisante (ou non existante) ou d'aération impossible ou insuffisante dans un local**, il est recommandé de réaliser les actions chronologiques suivantes :
 - Revoir l'organisation et la jauge d'accueil des locaux accueillant du public jusqu'à envisager la non-utilisation d'un local,
 - Si cela est impossible, envisager l'utilisation d'unités mobiles de purification d'air **après une étude technique préalable démontrant son impact positif potentiel**,
 - Cette option doit s'accompagner d'actions permettant de revenir rapidement à une situation dans laquelle la ventilation et le renouvellement de l'air par apport d'air neuf sont suffisants.
- **En cas d'utilisation des unités mobiles de purification de l'air, il est recommandé :**
 - De n'implanter que des unités mobiles de purification d'air **par filtration HEPA H13 ou H14 ou taux de filtration équivalent, respectant les normes relatives aux filtres et aux performances intrinsèques de l'appareil.**
 - Assurer une maintenance régulière des filtres et appareils suivant les préconisations du fournisseur, avec équipement de protection individuelle adéquate du personnel technique, et en l'absence du public. La remise en route des unités mobiles de filtration d'air se fera en blanc en l'absence de public.
 - De ne pas avoir recours à des appareils utilisant des traitements physico-chimiques de l'air (catalyse, photocatalyse, désinfection par UV, plasma, ozonation, charbons actifs) du fait de l'impossibilité en utilisation réelle d'analyser la qualité de l'air intérieur et de détecter les problèmes de dégradation incomplète possible de polluants conduisant à la formation de composés potentiellement dangereux pour la santé.
 - De s'assurer de la position adéquate de la, ou des, unité(s) mobile(s) de purification d'air intérieur dans un local donné afin de ne pas engendrer d'impact négatif par la propagation du virus à partir de personnes infectées. En effet, les flux d'air générés ne doivent pas conduire à des transferts vers ou entre les visages.
 - De continuer la mesure du taux de CO₂. Dans le cas d'un seuil > 800 ppm, la jauge de personnes doit être réduite pour revenir au seuil, l'ajout d'unités mobiles de purification de l'air ne permettant pas d'améliorer la ventilation et le renouvellement d'air.
 - De prévoir, pour chaque implantation d'unités mobiles de purification de l'air dans un lieu donné, **une étude technique préalable** par une personne qualifiée ou par le fournisseur industriel.
 - Cette étude devra permettre d'identifier et préciser, entre autres :

- le volume du local à traiter,
 - les aération/ventilation existantes en identifiant les flux d'air naturels ou forcés,
 - le nombre d'appareils à prévoir pour assurer une filtration suffisante de l'air de la pièce à traiter (en prévoyant au minimum de filtrer chaque heure 5 fois le volume du local),
 - la disposition des appareils compte tenu des obstacles éventuels à la circulation de l'air et du besoin d'éviter les flux vers les visages des personnes.
- Maintenir l'application des mesures barrières dans les locaux ventilés, aérés et équipés d'une unité mobile de purification de l'air.

Ces recommandations, élaborées sur la base des connaissances disponibles à la date de publication de cet avis, peuvent évoluer en fonction de l'actualisation des connaissances.

Avis rédigé par un groupe d'experts, membres ou non du Haut Conseil de la santé publique.

Validé le 14 mai 2021 par le président du Haut Conseil de la santé publique et le 21 mai après actualisation

Références

[1] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Avis et rapport relatif à l'identification et analyse des différentes techniques d'épuration d'air intérieur émergentes (septembre 2017). <https://www.anses.fr/fr/content/avis-et-rapport-de-lances-relatif-%C3%A0-lidentification-et-analyse-des-diff%C3%A9rentes-techniques>.

[2] Patrice Blondeau, A. Ginestet, F. Squinazi, B. Ribot, F. De Blay. Les épurateurs d'air: la solution ou le pire. Pollution Atmosphérique : climat, santé, société, Le Kremlin Bicêtre : Revue Pollution atmosphérique, 2007, n.a. (194), pp.160-164.
http://odel.irevues.inist.fr/pollutionatmospherique/docannexe/file/5570/160_164_blondeau.pdf

[3] INRS. Ventilation, chauffage et climatisation : quelles précautions prendre contre la Covid-19. Fiche pratique de sécurité ED 149 (janvier 2021).
<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20149>.

[4] Haut Conseil de la santé publique. Avis du 25 juin 2020, revu le 7 juillet 2020, relatif aux recommandations du HCSP concernant la place de l'ozone, des rayonnements ultraviolets C et des sas de passage en tant que procédés de désinfection dans le contexte de la pandémie Covid-19.
<https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=883>.

[5] Haut Conseil de la santé publique. Avis du 28 avril 2021 relatif à l'adaptation des mesures d'aération, de ventilation et de mesure du dioxyde de carbone (CO₂) dans les établissements recevant du public (ERP) pour maîtriser la transmission du SARS-CoV-2.
<https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=1009>.

[6] Conseil Supérieur de la Santé. Recommandations relatives à la ventilation des bâtiments hors hôpital et institutions de soins pour limiter la transmission de SARS-CoV-2 par voie aéroportée. Bruxelles: CSS; 2021. Avis n° 9616.
https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/20210215_css-9616_covid-19_ventilation_vweb.pdf

[7] European Centre for Disease prevention and Control. Heating, Ventilation and Air-Conditioning Systems in the Context of COVID-19: First Update (10 novembre 2020).
<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Heating-ventilation-air-conditioning-systems-in-the-context-of-COVID-19-first-update.pdf>

[8] Centers for Disease Control and Prevention. Ventilation in Schools and Childcare Programs How to use CDC building recommendations in your setting. Community, Work, and School (26 février 2020).
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/schools-childcare/ventilation.html>

[9] Centers for Disease Control and Prevention. Can ventilation filters effectively capture SARS-CoV-2 viral particles (23 mars 2021).
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>

[10] Santé publique Ontario. L'utilisation de dispositifs portatifs de filtration d'air et la transmission de la COVID-19 (31 décembre 2020).

<https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/ipac/2021/01/faq-covid-19-portable-air-cleaners.pdf?la=fr>

[11] Public Health Agency of Canada. Using Ventilation and Filtration to Reduce Aerosol Transmission of COVID-19 in Long-Term Care Homes. Education and awareness. Aem. (12 avril 2021).

<https://www.canada.ca/en/public-health/services/diseases/2019-novel-coronavirus-infection/guidance-documents/guide-ltch-ventilation-covid-19-pandemic.html>.

[12] Finnish Institute for Health and Welfare. Coronavirus and safety of indoor air - Environmental Health – THL (10 mai 2021).

<https://thl.fi/en/web/environmental-health/indoor-air/coronavirus-and-safety-of-indoor-air>

[13] United States Environmental Protection Agency. Air Cleaners, HVAC Filters, and Coronavirus (COVID-19) (22 mars 2021).

<https://www.epa.gov/coronavirus/air-cleaners-hvac-filters-and-coronavirus-covid-19>

[14] Allen, J.G., Ibrahim A.M. Indoor Air Changes and Potential Implications for SARS-CoV-2 Transmission. *JAMA* (avril 2021).

<https://doi.org/10.1001/jama.2021.5053>.

[15] Mousavi, E.S., Kananizadeh N., Martinello R.A., Sherman J.D. COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation. *Environm. Sci. Technol.* 55 (7): 4134-47. (6 avril 2021)

<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03247>.

[16] Ham, S. Prevention of Exposure to and Spread of COVID-19 Using Air Purifiers : Challenges and Concerns». *Epidemiol. Health* 42: e2020027. (2020).

<https://doi.org/10.4178/epih.e2020027>.

[17] Narayanan S.R., Yang S. Airborne Transmission of Virus-Laden Aerosols inside a Music Classroom: Effects of Portable Purifiers and Aerosol Injection Rates. *Physics of Fluids (Woodbury, N.Y.: 1994)* 33 (3): 033307. (01 mars 2021).

<https://doi.org/10.1063/5.0042474>.

[18] He, R., Liu W., Elson J., Vogt R., Maranville C., Hong J. Airborne Transmission of COVID-19 and Mitigation Using Box Fan Air Cleaners in a Poorly Ventilated Classroom. *medRxiv*, janvier, 2021.03.11.21253395. (01 janvier 2021).

<https://doi.org/10.1101/2021.03.11.21253395>.

[19] Liang, C., Jiang S., Shao X., Wang H., Yan S., Yang Z., Li X. Is It Safe to Reopen Theaters During the COVID-19 Pandemic? *Frontiers in Built Environment* 7. (2021)

<https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.637277>.

[20] Bazant, M.Z., Bush J.W.M.. A guideline to limit indoor airborne transmission of COVID-19. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 118 (17): e2018995118. (27 avril 2021).

<https://doi.org/10.1073/pnas.2018995118>.

[21] Norme ISO 29 463-1:2017 Filtres et media à très haute efficacité pour la rétention particulaire – Partie 1: Classification, essais de performance et marquage

[22] Norme NF EN 1822-1 (Avril 2019) Filtres à air à haute efficacité (EPA, HEPA et ULPA) - Partie 1 : classification, essais de performance et marquage

[23] Norme NF B44-200 (mai 2016) Épurateurs d'air autonomes pour applications tertiaires et résidentielles – Méthode d'essais - Performances intrinsèques

Annexe 1 – Saisine de la Direction générale de la santé en date du 5 mai 2021

De : SALOMON, Jérôme (DGS)

Envoyé : mercredi 5 mai 2021 11:57

À : HCSP-SECR-GENERAL ; CHAUVIN, Franck

Objet : SAISINE - recours aux purificateurs d'air

Importance : Haute

Monsieur le Président, cher Franck,

Je vous remercie pour votre avis en date du 28 avril dernier relatif à l'adaptation des mesures d'aération, de ventilation et de mesure du dioxyde de carbone (CO₂) dans les établissements recevant du public (ERP) pour maîtriser la transmission du SARS-CoV-2.

Cet avis indique que les dispositifs mobiles de filtration d'air ou de traitement par rayonnement UV n'ont pas été évalués. Cependant, depuis le début de la pandémie, une multiplication d'offres de procédés et appareils destinés à des fins d'épuration de l'air est observée sur le terrain. Elles visent notamment la désinfection de l'air des établissements recevant du public et s'adressent en particulier aux collectivités territoriales.

Dans votre avis rendu le 25 juin 2020 (revu le 7 juillet 2020) relatif à la place de l'ozone, des rayonnements ultraviolets C et des sas de passage en tant que procédés de désinfection dans le contexte de la pandémie Covid-19, vous indiquiez que la littérature scientifique concernant la désinfection est assez limitée, ce qui ne permettait pas au HCSP de définir la place et l'intérêt de ces procédés spécifiquement envers ce virus.

Compte tenu des connaissances acquises depuis ce dernier avis dans le domaine de la désinfection de l'air intérieur envers le virus SARS-CoV-2, et considérant la publication d'avis techniques dans ce domaine par certains organismes dont l'Institut national de la recherche et de la sécurité, je vous interroge à nouveau sur l'opportunité de l'emploi de dispositifs mobiles d'épuration de l'air dans les locaux recevant du public. Cette demande s'inscrit en particulier dans le contexte de la levée des restrictions annoncée par le gouvernement qui prévoit la réouverture progressive de certains établissements recevant du public.

Ainsi, je sollicite votre avis sur l'opportunité du recours aux purificateurs d'air en intérieur, notamment dans les situations où une ventilation naturelle ou mécanique ne permet pas un taux de renouvellement de l'air intérieur suffisant, en prenant en considération les dangers identifiés pour la santé humaine et en précisant la place de ces dispositifs vis-à-vis des mesures barrières déjà définies.

Dans le cas où les données scientifiques disponibles s'avèreraient insuffisantes pour répondre à ces questions, je vous remercie de bien vouloir nous fournir des lignes directrices en vue d'établir un protocole permettant d'évaluer l'intérêt de recourir à ces dispositifs dans le contexte de l'épidémie de Covid-19.

Je vous remercie par avance pour les précisions que vous pourrez nous apporter.

Je souhaite pouvoir disposer de vos préconisations pour **mercredi 12 mai 2021**.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de ma considération distinguée.

Professeur Jérôme SALOMON
Directeur général de la Santé
PARIS 07 SP, FRANCE
www.solidarites-sante.gouv.fr

Annexe 2 – Composition du groupe de travail

Membres qualifiés de la Commission spécialisée « Maladies infectieuses et maladies émergentes » :

- Christian CHIDIAC, Président de la CS MIME, Président du comité permanent Covid-19
- Jean-François GEHANNO
- Philippe MINODIER
- Bruno POZZETTO

Membres qualifiés de la Commission spécialisée « Système de santé et sécurité des patients » :

- Serge AHO-GLELE
- Didier LEPELLETIER, vice-président de la CS 3SP, Co-président du groupe permanent Covid-19, pilote du groupe de travail pour la réponse à cette saisine

Membres qualifiés de la Commission spécialisée « Risques liés à l'environnement »

- Jean-Marc BRIGNON
- Evelyne GEHIN
- Philippe HARTEMANN
- Yves LEVI
- Francelyne MARANO, présidente de la CS-RE
- Jean-Louis ROUBATY
- Fabien SQUINAZI, vice-président de la CS-RE, co-pilote du groupe de travail

Membre qualifié de la Commission spécialisée « Maladies chroniques »

- Agathe BILLETTE de VILLEMEUR

Représentante de Santé publique France :

- Anne BERGER-CARBONNE

Experts extérieurs au HCSP

- Brigitte MOLTRECHT, DGESCO, Ministère de l'Education nationale, de la jeunesse et des sports
- Éric GAFFET, UMR 7198, CNRS - Université de Lorraine

Secrétariat général du HCSP

- Soizic URBAN-BOUDJELAB

Annexe 3 - Liste des personnes/structures auditionnées

Le 10 mai 2021 :

Bureau de l'environnement intérieur, des milieux du travail et des accidents de la vie courante (EA2) de la DGS : Présentation de la saisine

- Maria AQALLAL : chargée de dossiers
- Sébastien GORECKI : chargé de dossiers
- Didier OLLANDINI : adjoint de la cheffe de bureau

Direction des Études et de la Formation au CETIAT (Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques)

- Alain GINESTET : Chargé d'études

Anses

- Audrey MALRAT-DOMENGE : Chef de projet dans l'unité de l'évaluation des risques liés à l'air à l'Anses
- Valérie PERNELET-JOLY : Chef de l'unité d'évaluation des risques liés à l'air dans la Direction de l'évaluation des risques à l'Anses

Annexe 4. Chronologie de la pandémie et données épidémiologiques de Spf

- Le 30 janvier 2020, au regard de l'ampleur de l'épidémie de Covid-19 l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a déclaré qu'elle constituait une Urgence de Santé Publique de Portée Internationale (USPPI).
- Le 28 février 2020, la France est passée au stade 2 (foyers isolés) de l'épidémie d'infections à SARS-CoV-2, puis le 14 mars au stade 3 (circulation active du virus dans le pays).
- Le 17 mars 2020, le confinement de la population générale a été instauré, avec une limitation des déplacements autorisés.
- Le 11 mai 2020, une levée progressive et contrôlée du confinement a été mise en œuvre. Après une seconde phase de déconfinement le 2 juin, sa phase 3 a été engagée le 22 juin 2020.
- Un premier état d'urgence a été instauré sur l'ensemble du territoire national le 24 mars 2020¹. Il a été prolongé jusqu'au 10 juillet 2020 par la loi du 11 mai 2020². L'état d'urgence sanitaire a ensuite été réinstauré à partir du 17 octobre 2020 pour l'ensemble du territoire par le décret du 14 octobre 2020³. Il a été prolongé une première fois jusqu'au 16 février 2021 par la loi du 14 novembre 2020⁴. Face à l'aggravation de la propagation de l'épidémie de Covid-19, l'état d'urgence sanitaire a été prolongé jusqu'au 1^{er} juin 2021 inclus⁵.
- Une seconde phase de confinement a débuté le 30 octobre 2020 pendant laquelle les établissements d'enseignement scolaire, et les commerces essentiels de première nécessité sont restés ouverts ainsi que l'activité des entreprises. La sortie de ce confinement devait se dérouler en trois temps : le 28 novembre 2020, réouverture des commerces, levée du confinement le 15 décembre, et à partir du 20 janvier 2021, décalage du couvre-feu réouverture des restaurants et salles de sport et de fitness, réintégration par les lycéens de leurs établissements en classes entière et par les étudiants des universités en présentiel. Or en janvier 2021 face à des chiffres épidémiologiques inquiétants, les mesures sanitaires ont été durcies et les établissements culturels et sportifs, les restaurants et les bars sont restés fermés.
- Le 25 février 2021 le gouvernement a annoncé la mise en place d'un confinement le week-end sur le littoral des Alpes-Maritimes et à Dunkerque et le passage de 20 départements sous surveillance renforcée.
- Le 19 mars 2021 des mesures de restrictions sanitaires renforcées sont mises en place pour 16 départements (la région Île-de-France, la région Hauts-de-France, les Alpes-Maritimes, l'Eure et la Seine-Maritime) et dans 3 départements supplémentaires (la Nièvre, le Rhône, l'Aube) à compter du 26 mars 2021.
- Le 31 mars 2021 : le Président de la République a annoncé la mise en place de restrictions sanitaires renforcées dans l'ensemble des départements métropolitains pour 4 semaines.
- Depuis le 03 avril 2021, 19 heures : l'ensemble du territoire métropolitain est soumis aux nouvelles restrictions sanitaires renforcées annoncées par le Président de la République.

¹ Loi n° 2020-290 du 23 mars 2020 d'urgence pour faire face à l'épidémie de Covid-19. Publiée au JORF du 24 mars 2020. NOR : PRMX2007883L

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2020/3/23/PRMX2007883L/jo/texte>

² Loi n° 2020-546 du 11 mai 2020 prorogeant l'état d'urgence sanitaire et complétant ses dispositions.

Publiée au JORF du 12 mai 2020. NOR : PRMX2010645L

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2020/5/11/PRMX2010645L/jo/texte>

³ Décret n° 2020-1257 du 14 octobre 2020 déclarant l'état d'urgence sanitaire. Publié au JORF du 15 octobre 2020. NOR : SSAX2027534D

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042424377>

⁴ Loi n° 2020-1379 du 14 novembre 2020 autorisant la prorogation de l'état d'urgence sanitaire et portant diverses mesures de gestion de la crise sanitaire (1). Publiée au JORF du 15 novembre 2020. NOR : PRMX2027873L <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042520662>

⁵ Loi n° 2021-160 du 15 février 2021 prorogeant l'état d'urgence sanitaire (1). Publiée au JORF du 16 février 2021. NOR : PRMX2100243L

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2021/2/15/PRMX2100243L/jo/texte>

Le HCSP rappelle le point épidémiologique de la France métropolitaine actualisé au 6 mai 2021 et publié par Santé publique France (SpF)⁶ :

En semaine 17, diminution des indicateurs épidémiologiques, restant à des niveaux toujours élevés, avec une persistance de la tension hospitalière.

- Diminution du taux d'incidence pour la troisième semaine consécutive dans toutes les classes d'âge
- Diminution des nouvelles hospitalisations et des admissions en soins critiques
- Mortalité liée à la COVID-19 toujours élevée
- Métropole : régions Île-de-France, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Hauts-de-France les plus touchées
- Outre-Mer : augmentation du taux d'incidence à La Réunion, stabilisation en Guyane et en Guadeloupe

Variants

- Proportions de suspicions de variants préoccupants (VOC) par RT-PCR de criblage :
 - suspicions de variant 20I/501Y.V1 majoritaires en métropole à 80,8%
 - suspicions de variant 20H/501Y.V2 ou 20J/501Y.V3 à 5,5%, avec des hétérogénéités au niveau départemental
- Plus d'informations sur les variants

Prévention

- Vaccination :
 - 16 470 369 personnes ayant reçu au moins une dose, couverture vaccinale de 24,5%
 - 7 306 862 personnes complètement vaccinées, couverture vaccinale de 10,9%
- Résultats de l'enquête CoviPrev du 21 au 23 avril 2021 :
 - tendance à la hausse de l'adoption des mesures de limitation des contacts
 - maintien à un niveau élevé des états anxieux et dépressifs
- Importance de l'adoption systématique des mesures barrières et de la limitation des contacts et des déplacements
- En cas de symptômes, nécessité d'un isolement immédiat et réalisation d'un test dans les plus brefs délais

⁶ Santé publique France. COVID-19 : point épidémiologique du 6 mai 2021, disponible sur <https://www.santepubliquefrance.fr/maladies-et-traumatismes/maladies-et-infections-respiratoires/infection-a-coronavirus/documents/bulletin-national/covid-19-point-epidemiologique-du-6-mai-2021>

Annexe 5 - Les différents procédés de filtration ou physico-chimiques des purificateurs d'air

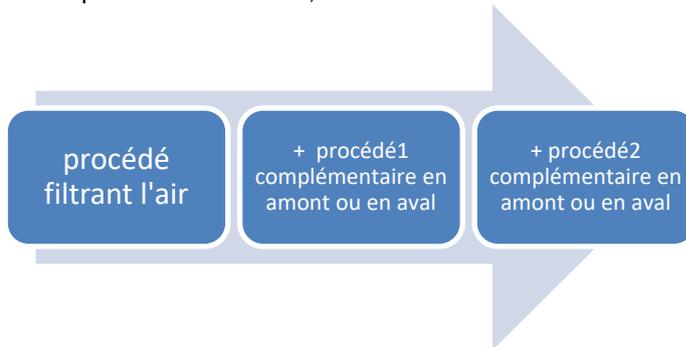
La filtration est l'approche la plus courante utilisée pour capturer le SARS-CoV-2 en suspension dans l'air. De nombreux dispositifs reposent sur le filtre à particules à haute efficacité (HEPA), dont l'origine remonte aux masques à gaz de la Seconde Guerre mondiale. À l'époque, le Corps chimique de l'armée américaine a demandé au chimiste Irving Langmuir, lauréat du prix Nobel, d'étudier le fonctionnement des filtres en amiante des masques - et la manière dont ils pouvaient être améliorés pour éviter l'inhalation de particules. ⁷

Les fabricants évaluent l'efficacité d'un filtre HEPA sur des particules de diamètre moyen de 0,3 µm - un filtre de niveau H14 élimine au moins 99,97 % d'entre elles de l'air.

Les filtres HEPA sont utilisés depuis longtemps dans les hôpitaux, et de nombreuses preuves cliniques évaluées par des pairs montrent qu'ils peuvent réduire les infections virales. ⁸

De nombreux systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) ne sont pas conçus pour pousser l'air à travers la trame serrée d'un filtre HEPA, et ils sont équipés de filtres de grade F7/et utilisent plutôt des filtres classés selon leur valeur minimale d'efficacité (MERV), une échelle de 1 à 16 qui évalue leur capacité à capturer les particules entre 300 nm et 10 µm. Selon l'*American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), les filtres classés MERV 13 ou supérieurs sont suffisamment efficaces pour capturer les virus en suspension dans l'air. Cela s'explique en partie par le fait que l'accumulation de particules piégées colmate partiellement le filtre et améliore ses performances. Certains fabricants de filtres proposent la mise à niveau des installations existantes avec des générations récentes de filtres HEPA.

Dans le présent document, seront classées comme filtration avec procédés complémentaire :



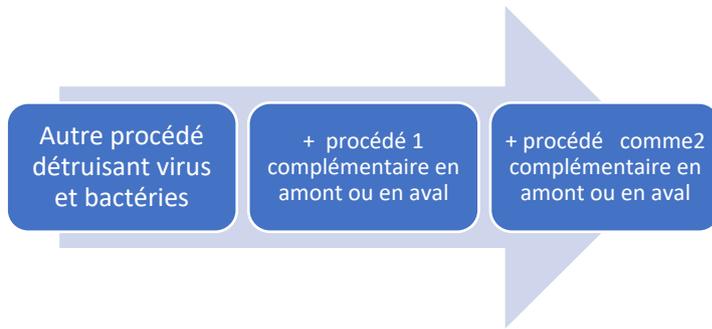
Les particules sont généralement éliminées par un filtre HEPA et le rendement du média filtrant est celui prévu par la norme et le type de filtre HEPA. Des procédés complémentaires sont parfois associés (rayonnements UV, procédés oxydants, préfiltre). Ceux-ci ne servent généralement qu'à nettoyer ou à protéger le filtre HEPA. Certains fabricants revendiquent parfois une protection de deuxième niveau.

⁷ First, Melvin W. Hepa Filters. *Applied Biosafety* 3 (1): 33-42. (01 mars 1998).

<https://doi.org/10.1177/109135059800300111>.

⁸ Mousavi, E.S., Kananizadeh N., Martinello R.A., et Sherman J.D. COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation. *Environm. Sci. Technol.* 55 (7): 4134-47. (6 avril 2021)

<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03247>.



Dans ce cas, le procédé principal ne repose pas sur la filtration mais sur une technique oxydante (rayonnements UV, Plasma froid, rayonnement UV pulsé, ...) associée le cas échéant à des techniques complémentaires comme par exemple :

- Une préfiltration (avec des médias filtrants qui peuvent être de niveau F7 ou supérieurs) destinée à protéger le procédé principal et minimiser la production de sous-produits résultant d'une oxydation partielle de composés organiques particulières.
- Des techniques associées, comme par exemple la destruction d'un résiduel d'ozone par catalyse, charbon actif imprégné ou non d'un catalyseur, par rayonnement UV.

La lumière ultraviolette est également présente dans de nombreux purificateurs d'air commerciaux.

Il est courant que les blocs opératoires des hôpitaux soient désinfectés sous une longueur d'onde de 254 nm, qui fait partie de la bande des ultraviolets C (UVC).

Les UVC désactivent généralement les virus en déclenchant une réaction chimique qui fusionne les bases thymiques adjacentes de l'ADN ou les bases uraciles de l'ARN. Ces dimères bloquent la machinerie moléculaire responsable de la réplication, inactivant ainsi efficacement le microorganisme. Les chercheurs ont montré que les UVC sont très efficaces pour tuer le SARS-CoV-2.⁹

Des études de modélisation ont suggéré ce moyen efficace pour réduire la transmission du Covid-19 dans les pièces mal ventilées¹⁰, et des recherches en laboratoire ont montré une décontamination SARS-CoV-2 des surfaces en quelques secondes¹¹.

Les virus présents dans les aérosols sont toutefois très vulnérables aux UVC lointains. En 2020, Brenner et ses collègues ont constaté que les longueurs d'onde UV de 222 nm étaient tout aussi efficaces que celles de 254 nm pour inactiver deux types courants de coronavirus et ont calculé que les UVC lointains à la limite d'exposition réglementaire pour les humains inactiveraient 95 % des virus exposés en 11 minutes¹².

Certains systèmes de purification de l'air reposent sur un processus que les producteurs ont appelé ionisation bipolaire, dans lequel des électrodes à haute tension sont présentées comme créant des ions positifs et négatifs à partir de molécules présentes dans l'air, comme l'oxygène et l'eau.

⁹ Raeiszadeh, M., Adeli B. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics* 7 (11): 2941-51. (18 novembre 2020). <https://doi.org/10.1021/acsphotonics.0c01245>.

¹⁰ Beggs, C.B., Avital E.J. Upper-Room Ultraviolet Air Disinfection Might Help to Reduce COVID-19 Transmission in Buildings: A Feasibility Study. *PeerJ* 8 (octobre 2020) : e10196. <https://doi.org/10.7717/peerj.10196>.

¹¹ Storm, N., McKay L.G.A., Downs S.N., Johnson R.I., Birru D., de Samber M., Willaert W., Cennini G., Griffiths A. Rapid and Complete Inactivation of SARS-CoV-2 by Ultraviolet-C Irradiation. *Scientific Reports* 10 (1): 22421. (30 décembre 2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79600-8>.

¹² Buonanno, M., Welch D., Shuryak I., Brenner D.J. Far-UVC Light (222 Nm) Efficiently and Safely Inactivates Airborne Human Coronaviruses. *Scientific Reports* 10 (1): 10285. (24 juin 2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2>.

Certains fabricants affirment que ces ions se fixent aux particules virales dans l'air et les « alourdissent » jusqu'à ce qu'elles tombent sur une surface ; d'autres prétendent que les ions réagissent avec les protéines de surface du virus, l'empêchant d'infecter les cellules.

L'ASHRAE affirme qu'il n'existe pas d'études convaincantes, rigoureuses sur le plan scientifique et évaluées par des pairs, sur cette technologie émergente" et met en garde contre le fait que certains systèmes peuvent générer de l'ozone, un irritant qui peut aggraver les affections respiratoires et altérer la fonction pulmonaire.

Certains systèmes utilisent l'oxydation photocatalytique pour produire des ions et des radicaux, le même principe qui sous-tend les systèmes de verre autonettoyant généralement à partir de dioxyde de titane. Lorsque le rayonnement UV irradie certains catalyseurs comme le dioxyde de titane, il génère des électrons négatifs et des espèces chargées positivement appelées trous qui peuvent ensuite réagir avec l'air pour générer des anions superoxydants/ superoxides, ainsi que des radicaux hydroxyle (HO^\bullet) et hydroperoxyde (H-O-O^\bullet)¹³.

Cela crée un environnement localisé hautement oxydatif dans lequel les espèces réactives de l'oxygène réagissent avec les lipides, les protéines, les glucides et les acides nucléiques des virus. Ces réactions conduisent à une cascade d'événements dommageables l'inactivant efficacement.

¹³ Zhong, L., Haghghat F. Photocatalytic Air Cleaners and Materials Technologies – Abilities and Limitations. *Building and Environment*, Fifty Year Anniversary for Building and Environment, 91 (septembre 2015) : 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.01.033>.

Annexe 6 – Recommandations internationales

1. ECDC – 10 novembre 2020

Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19: first update

<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Heating-ventilation-air-conditioning-systems-in-the-context-of-COVID-19-first-update.pdf>

Messages clés

- Il est désormais bien établi que la transmission du Covid-19 se produit généralement dans des espaces fermés ;
- S'ils sont bien entretenus et adaptés à la pandémie de Covid-19, les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC) peuvent jouer un rôle complémentaire dans la réduction de la transmission potentielle du SARS-CoV-2 par voie aérienne ;
- Quatre interventions non pharmaceutiques (INP) peuvent être envisagés pour réduire la transmission potentielle par voie aérienne du SARS-CoV-2 dans les espaces clos :
 - le contrôle des sources de Covid-19 dans les espaces clos ;
 - les contrôles techniques dans les espaces clos ventilés mécaniquement (par les systèmes CVC) et naturellement ;
 - les contrôles administratifs ;
 - et les comportements individuels de protection.

La transmission du SARS-CoV-2 est particulièrement efficace dans les espaces intérieurs confinés et bondés, tels que les lieux de travail (bureaux, usines) et d'autres environnements intérieurs, comme les églises, les restaurants, les rassemblements dans les stations de ski, les fêtes, les centres commerciaux, les dortoirs des travailleurs, les cours de danse, les bateaux de croisière et les véhicules [25]. Il existe également des indications selon lesquelles la transmission peut être liée à des activités spécifiques, telles que le chant dans une chorale [10] ou lors de services religieux caractérisés par une production accrue de gouttelettes respiratoires et notamment d'aérosols par des discours et des chants forts. Cependant, il n'existe pas encore de preuve d'infection humaine par le SARS-CoV-2 causée par l'air distribué par les conduits des systèmes CVC [8].

Dans une étude portant sur 318 épidémies en Chine, la transmission du SARS-CoV-2 s'est produite dans des espaces intérieurs dans toutes les épidémies sauf une [12]. Le seul cas de transmission à l'extérieur identifié dans cette étude concernait deux personnes. Cependant, des événements en plein air ont également été impliqués dans la propagation du Covid-19, généralement ceux qui sont associés à des foules, comme les fêtes de carnaval [26] et les matchs de football [27], ce qui souligne le risque de foule même lors d'événements en plein air. Néanmoins, les événements en plein air comportent souvent des espaces fermés adjacents, tels que des bars, des zones de restauration et des toilettes, qui peuvent être bondés.

La durée du séjour des personnes dans un environnement intérieur semble être associée au taux d'attaque. Par exemple, lors d'une répétition de chorale de 2,5 heures dans l'État de Washington aux États-Unis, 32 cas secondaires de Covid-19 ont été confirmés et 20 probables parmi 61 participants (85,2 %) [10]. Une enquête épidémiologique menée dans un centre d'appels en Corée du Sud a révélé un taux d'attaque de 43,5 % chez 216 employés du neuvième étage du centre d'appels, ce qui indique une transmission étendue dans un environnement de travail intérieur bondé [28]. Presque tous les employés infectés étaient assis du même côté du neuvième étage, et il n'y avait pas de relation évidente entre le risque de transmission et la distance du cas index de ce côté de l'étage. Les auteurs ont également conclu que la durée des contacts entre les personnes jouait le rôle le plus important dans la propagation du Covid-19, puisque les cas étaient limités presque exclusivement au neuvième étage, malgré des interactions avec des collègues dans d'autres environnements, comme dans les ascenseurs et dans le hall.

Plusieurs études se sont penchées sur le rôle de la ventilation dans les épidémies de Covid-19.

Lors d'une épidémie de Covid-19 dans un restaurant de Guangzhou, en Chine, 10 cas ont été recensés dans trois familles [29]. Ils ont développé des symptômes entre le 26 janvier et le 10 février 2020, après avoir déjeuné le 23 janvier dans le même restaurant de cinq étages, dans lequel les fenêtres ne pouvaient pas être ouvertes et la ventilation était uniquement assurée par le système de climatisation. Leurs tables étaient séparées de plus d'un mètre. Le cas index était pré-symptomatique et a développé une fièvre et une toux le soir même après avoir quitté le restaurant. Les cas secondaires étaient assis le long de la ligne de circulation d'air générée par le système de climatisation, tandis que les convives assis ailleurs dans le restaurant n'étaient pas infectés. Les auteurs du rapport ont attribué la transmission à la propagation de gouttelettes respiratoires porteuses du SARS-CoV-2 par le biais du flux d'air généré par la climatisation.

L'enquête sur deux autres épidémies survenues en Chine en janvier 2020 a considéré les systèmes de climatisation utilisant un mode de recirculation comme une aide probable à la transmission [30,31].

La première épidémie a été associée à un événement de 150 minutes dans un temple [30]. Le cas index, qui avait déjà visité Wuhan, était pré-symptomatique jusqu'au soir suivant l'événement. Les taux d'attaque dans cette épidémie étaient les plus élevés parmi les personnes qui avaient partagé un trajet de bus de 100 minutes avec le cas index (23 sur 67 passagers ; 34 %). Les passagers assis plus près du cas index ne présentaient pas un risque statistiquement plus élevé de Covid-19 que ceux assis plus loin. Cependant, tous les passagers assis près d'une fenêtre sont restés en bonne santé, à l'exception du passager assis à côté de la valise indexée. Cela confirme l'hypothèse selon laquelle la circulation de l'air dans le bus a facilité la propagation du SARS-CoV-2. En revanche, il y a eu sept cas de Covid-19 parmi 172 autres personnes qui ont assisté au même événement de 150 minutes dans le temple, et qui ont toutes décrit avoir eu des contacts étroits avec le cas index.

La deuxième épidémie a été associée à un atelier de formation qui s'est déroulé du 12 au 14 janvier 2020 dans la ville de Hangzhou, dans la province du Zhejiang [30]. Il comptait 30 participants de différentes villes, qui ont réservé leur hôtel individuellement et n'ont pas mangé ensemble dans les locaux de l'atelier. L'atelier comportait quatre sessions de groupe de quatre heures chacune, qui se déroulaient dans deux salles fermées de 49 m² et 75 m², respectivement. Une minuterie automatique sur les climatiseurs centraux faisait circuler l'air dans chaque pièce pendant 10 minutes toutes les quatre heures, en utilisant "un mode de recirculation intérieure". Aucun stagiaire n'était connu pour être symptomatique pendant l'atelier. Entre le 16 et le 22 janvier 2020, 15 des stagiaires ont été diagnostiqués avec le Covid-19.

Plusieurs épidémies sont également survenues chez des travailleurs d'installations de transformation de la viande [7,9]. Une mauvaise ventilation a été un facteur impliqué dans ces épidémies.

Adaptations des systèmes CVC pour réduire le risque de transmission du SARS-CoV-2 dans les espaces fermés

La ventilation avec l'air extérieur est censée diluer les contaminants dans les espaces fermés et augmenter le temps nécessaire à l'exposition à une dose infectieuse. Ce processus consomme de l'énergie, mais les systèmes CVC à commande automatique réduisent généralement le renouvellement de l'air juste avant et après l'utilisation des espaces fermés en fonction de l'occupation de la pièce et peuvent même être désactivés pendant certaines périodes, par exemple la nuit.

Une étude réalisée en 2006-2007 dans des dortoirs bondés d'étudiants de l'université de Tianjin en Chine a montré une association inverse entre les taux d'infection par le rhume et les échanges d'air moyens en hiver [32]. L'*American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) proposent une valeur de base de 7 à 10 L/s par personne pour le renouvellement de l'air lors d'une utilisation habituelle [33]. La *Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations* (REHVA) recommande de garantir le nombre minimum de renouvellements d'air par heure, conformément aux réglementations applicables en matière de construction [2].

Outre la ventilation elle-même, la filtration de l'air pourrait être un autre moyen de réduire le risque de transmission du SARS-CoV-2 par rapport à la seule augmentation du taux de renouvellement de l'air dans les espaces fermés. Une étude utilisant une étude de cas de transmission de la grippe par voie aérienne pour modéliser les estimations de la réduction relative du risque de grippe a montré, pour un bureau hypothétique, une association positive entre les réductions de risque et l'utilisation de filtres de qualité supérieure selon les classifications de filtres MERV (*Minimum Efficiency Reporting Value*) de l'ASHRAE. La plus grande réduction des risques aux coûts les plus bas a été démontrée pour les filtres MERV 13 [34].

Les filtres couramment utilisés dans les systèmes HVAC sont capables de retenir les grosses gouttelettes mais pas les aérosols (petites gouttelettes et noyaux de gouttelettes). Les filtres HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) ont démontré une bonne performance avec des particules de la taille du SARS-CoV-2 (environ 70-120 nm) et sont utilisés dans les avions et dans les établissements de santé [15]. Le rôle des filtres HEPA dans les bâtiments autres que les établissements de santé dans la prévention de la transmission des maladies infectieuses n'est pas clair. Pour le SARS-CoV, le virus à l'origine du SARS, une étude de modélisation de la manière dont le risque d'infection était modifié par trois types de systèmes de ventilation dans des avions commerciaux relativement grands a montré que, parmi les trois systèmes, le système de ventilation par mélange présentait le risque le plus élevé et le système de déplacement classique le risque le plus faible.

Une humidité relative de 40-60 % peut contribuer à limiter la propagation et la survie du SARS-CoV-2 dans un espace fermé [24,33]. Des niveaux d'humidité dans cette fourchette pourraient donc être envisagés pour les systèmes CVC. Cependant, même les nouveaux bâtiments dotés de systèmes CVC de pointe ne peuvent généralement pas dépasser une humidité relative de plus de 40 %, surtout en hiver, et les systèmes plus anciens ne peuvent souvent pas dépasser des niveaux d'humidité relative beaucoup plus bas en raison du risque d'endommager le système CVC ainsi que les structures des pièces en raison des risques de condensation et de développement de moisissures [2,33].

Méthodes complémentaires décentralisées de purification de l'air ou dispositifs autonomes à filtre HEPA

Il s'agit notamment des générateurs d'ions, de l'ozonation et de l'irradiation germicide ultraviolette (UVGI) [1,35-38], ainsi que des dispositifs autonomes à filtre HEPA. Ces méthodes sont généralement relativement coûteuses, nécessitent un entretien particulier et ne peuvent traiter qu'un volume d'air relativement faible. Les avantages potentiels de la réduction des niveaux de particules qui induisent des réactions allergiques ne sont pas pris en compte dans ce document [37].

Les générateurs d'ions négatifs ou les ioniseurs d'air dispersent des ions chargés, qui se fixent sur les particules présentes dans l'air, y compris celles contenant des bactéries ou des virus, qui sont ensuite piégées dans les filtres de l'appareil. [35,36]. Aucune donnée n'est actuellement disponible concernant la capacité des générateurs d'ions négatifs à réduire la quantité de gouttelettes ou d'aérosols contenant le SARS-CoV-2. Les filtres peuvent générer des particules chargées, comme l'ozone ou les composés organiques volatils (COV), qui sont préjudiciables à la santé, en particulier si elles ne sont pas suffisamment dispersées [1,36,37]. Les ozoniseurs génèrent l'ozone à partir de l'oxygène. L'ozone est toxique pour les bactéries et les virus à des concentrations qui dépassent les normes de santé publique pour les concentrations d'ozone [1,36]. Il n'existe pas de procédures de test standardisées pour déterminer les conditions d'utilisation de cette méthode dans les espaces d'air intérieur qui excluent les risques sanitaires liés aux générateurs d'ions et d'ozone [1,35-37].

Les UVGI provoquent la décomposition des bactéries et des virus par le rayonnement ultraviolet C (UVC) [36]. Cependant, les UVC peuvent générer de l'ozone et des radicaux libres, qui sont dangereux dans les espaces fermés. Ses effets de désinfection des surfaces sont entravés par des obstacles physiques aux UVG directs [1,36]. Les procédures d'essai normalisées visant à déterminer les conditions permettant d'exclure les risques sanitaires des UVGI, en vue d'une utilisation potentielle pour réduire le SARS-CoV-2 dans les espaces aériens intérieurs, sont très limitées [1,36].

Les sociétés professionnelles internationales de CVC ont élaboré des directives sur les principes et le fonctionnement de la ventilation dans les espaces intérieurs afin de réduire le risque de transmission du SARS-CoV-2 [1,2,33,39-41]. Dans le contexte de la pandémie de Covid-19, les lignes directrices nationales disponibles dans les pays de l'UE/EEE et au Royaume-Uni, ainsi qu'au Canada et aux États-Unis (voir le tableau A1 en annexe) recommandent systématiquement d'augmenter le renouvellement de l'air par rapport à la phase pré-pandémique, d'éviter autant que possible la recirculation de l'air, de faire fonctionner les systèmes CVC 24 heures sur 24 et, pour les espaces fermés à ventilation naturelle, de créer un renouvellement fréquent de l'air en ouvrant les fenêtres.

En résumé, les données disponibles indiquent que :

- La transmission du SARS-CoV-2 se produit généralement dans les espaces intérieurs fermés.
- Les systèmes CVC peuvent jouer un rôle complémentaire dans la réduction de la transmission dans les espaces intérieurs fermés en augmentant le taux de renouvellement de l'air, en diminuant la recirculation de l'air, en augmentant l'utilisation de l'air extérieur et en utilisant des types de filtres adéquats.
- Le risque d'infection humaine par le SARS-CoV-2 causé par l'air distribué par les conduits des systèmes CVC est jugé très faible.
- Le flux d'air généré par les unités de climatisation peut faciliter la propagation des gouttelettes excrétées par les personnes infectées sur de longues distances dans des espaces intérieurs fermés.
- Les systèmes CVC bien entretenus, y compris les unités de climatisation, filtrent en toute sécurité les grosses gouttelettes contenant le SARS-CoV-2. Il est possible que les aérosols (petites gouttelettes et noyaux de gouttelettes) contenant le SARS-CoV-2 se propagent par les systèmes CVC d'un bâtiment ou d'un véhicule et par les unités de conditionnement d'air autonomes si l'air est recyclé. Cependant, la mesure dans laquelle cette voie potentielle des aérosols contribue à la transmission du Covid-19 est inconnue et est jugée très faible pour les systèmes CVC centraux et bien entretenus.
- Il existe peu de preuves concernant l'effet de la filtration de l'air autonome et d'autres technologies de nettoyage de l'air sur la transmission du SARS-CoV-2.

Orientations

À partir des rapports d'épidémies et des études de recherche publiés à ce jour, il n'est pas encore possible de préciser si les aérosols entraînent une transmission par proximité immédiate (transmission par voie aérienne), par contact direct (contamination des mains par des aérosols, etc.) ou par contact indirect (contamination des objets/surfaces par des aérosols).

En outre, il existe un risque de biais de publication, les résultats négatifs étant moins souvent communiqués, et de biais de confirmation, les études publiées confirmant à nouveau des données scientifiques connues. Cependant, l'ensemble des données actuelles sur le Covid-19 démontre plus généralement le risque élevé de transmission dans des environnements intérieurs surpeuplés et l'importance de combiner des ensembles de mesures de prévention. Les mesures de prévention proposées ci-dessous sont basées sur les preuves scientifiques présentées ci-dessus ou, en l'absence de preuves, sont dérivées des règlements techniques et des recommandations actuelles des sociétés professionnelles internationales [1, 2, 39] [42]. Elles sont pour

la plupart conformes aux recommandations des directives nationales existantes dans les pays de l'UE/EEE et au Royaume-Uni.

Dans les espaces fermés et dans le contexte de Covid-19, il existe quatre groupes d'interventions non pharmaceutiques (INP) qui comprennent des mesures visant à réduire le risque de transmission du SARS-CoV-2 par voie aérienne [33, 42]. Il s'agit de :

1. Le contrôle des sources de Covid-19 ;
2. Les contrôles techniques dans les espaces fermés ventilés mécaniquement et naturellement ;
3. Les contrôles administratifs pour réduire l'occupation ; et
4. Les mesures de protection individuelle).

Contrôles techniques dans les espaces fermés ventilés mécaniquement (par des systèmes HVAC) et ventilés naturellement

Les administrateurs de bâtiments doivent examiner, entretenir (y compris la mise à niveau des filtres le cas échéant) et surveiller les systèmes CVC conformément aux instructions actuelles du fabricant, en particulier en ce qui concerne le nettoyage et le remplacement des filtres [2]. Il n'y a aucun avantage ou besoin de cycles de maintenance supplémentaires en rapport avec Covid-19.

Le nombre minimum de renouvellements d'air par heure, conformément aux règles de construction en vigueur, doit être assuré à tout moment. L'augmentation du nombre de renouvellements d'air par heure réduira le risque de transmission dans les espaces fermés. Cet objectif peut être atteint par une ventilation naturelle ou mécanique, selon le contexte [1, 6, 32, 33, 34]. Les recommandations spécifiques pour la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres et des portes doivent être élaborées sur une base individuelle, en tenant compte des caractéristiques de la pièce (volume, taille et fonction des ouvertures, taux d'occupation), des activités qui s'y déroulent, des conditions climatiques et météorologiques, ainsi que des économies d'énergie et du confort des utilisateurs. Des conseils sur ces sujets peuvent être trouvés dans les documents référencés dans ce guide [2, 33, 38].

Lorsqu'il n'est pas possible de mesurer le taux de ventilation, la mesure des niveaux de dioxyde de carbone dans l'air peut être envisagée, en particulier dans les pièces ventilées naturellement, comme un substitut de la suffisance de la ventilation. Les directives techniques recommandent de maintenir la concentration de dioxyde de carbone en dessous de 800 à 1 000 ppm pour assurer une ventilation suffisante [2].

Les paramètres d'économie d'énergie, tels que la ventilation à la demande dans les systèmes centraux de CVC commandés par une minuterie ou des détecteurs de CO₂, doivent être évalués pour leur impact éventuel sur les risques de transmission. Il faut également envisager d'allonger la durée de fonctionnement des systèmes CVC avant et après la période habituelle [1, 2, 39].

Le flux d'air direct doit être détourné des groupes d'individus pour éviter la dispersion du SARS-CoV-2 des personnes infectées et la transmission à d'autres personnes. Par exemple, dans les supermarchés, les caissiers et les clients ont des niveaux de mobilité et des durées d'occupation différents. En règle générale, la ventilation mécanique doit être organisée de manière à minimiser la direction du flux d'air soutenu vers les personnes stationnaires. Les administrateurs de bâtiments doivent, avec l'aide de leurs équipes techniques/de maintenance, explorer les options permettant d'éviter autant que possible le recours à la recirculation de l'air [1,2,39]. Ils devraient envisager de revoir leurs procédures pour l'utilisation de la recirculation dans les systèmes CVC en se basant sur les informations fournies par le fabricant ou, si elles ne sont pas disponibles, en demandant conseil au fabricant. Il n'est pas recommandé de modifier les points de consigne de chauffage, de refroidissement et, éventuellement, d'humidification des systèmes CVC afin de réduire la transmission potentielle du SARS-CoV-2 [2, 33].

L'utilisation d'appareils autonomes de purification de l'air équipés d'un filtre HEPA ou d'un filtre de niveau d'efficacité comparable peut être envisagée, notamment dans les espaces où une ventilation optimale est impossible. Cependant, ces "purificateurs d'air ambiant" ne couvrent généralement que de petites surfaces et doivent être placés à proximité des personnes occupant la pièce [2]. Les dispositifs UVGI, placés dans les conduits des systèmes CVC ou suffisamment haut dans les pièces, peuvent également être envisagés, mais ils doivent être protégés de la vision directe en raison du risque de cataracte [47]. Les appareils autonomes de purification de l'air et les appareils UVGI peuvent jouer un rôle dans les environnements où les systèmes CVC centraux ne sont pas capables d'augmenter le renouvellement de l'air ou de réduire la recirculation de l'air.

Les spécifications techniques concernant la disposition logistique des espaces fermés, y compris l'emplacement physique des systèmes CVC, doivent être fondées sur des preuves scientifiques et une expertise technique, de manière à minimiser le risque de transmission du SARS-CoV-2. Ces spécifications doivent également tenir compte du nombre prévu d'utilisateurs, des différents types d'utilisateurs et de l'activité des utilisateurs.

Références du guide de recommandations de l'ECDC

1. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE position document on infectious aerosols Atlanta: ASHRAE; [cited 2020 14 June 2020]. Available from: https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_infectiousaerosols_2020.pdf
2. Federation of European Heating Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA). COVID-19 Guidance Document [updated 3 August 2020]. Available from: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf
6. World Health Organization (WHO). Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings [internet]. [updated 4 May 2020]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44167/9789241547857_eng.pdf?sequence=1
7. Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM). What explains the high rate of SARS-CoV-2 transmission in meat and poultry facilities? [updated 4 June 2020]. Available from: <https://www.cebm.net/covid-19/what-explains-the-high-rate-of-sars-cov-2-transmission-in-meat-and-poultry-facilities-2>
8. Chirico F, Sacco A, Bragazzi NL, Magnavita N. Can Air-Conditioning Systems Contribute to the Spread of SARS/MERS/COVID-19 Infection? Insights from a Rapid Review of the Literature. *Int J Environ Res Public Health*; 2020. p. 6052.
9. European Federation of Trade Unions in the Food Agriculture and Tourism (EFFAT). Covid-19 outbreaks in slaughterhouses and meat processing plants. State of affairs and proposals for policy action at EU level [updated 30 June 2020]. Available from: <https://effat.org/wp-content/uploads/2020/06/EFFAT-Report-Covid-19-outbreaks-in-slaughterhouses-and-meat-packing-plants-State-of-affairs-and-proposals-for-policy-action-at-EU-level-30.06.2020.pdf>
10. Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, Jordan A, Lee J, et al. High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice – Skagit County, Washington, March 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries*; 2020. p. 606-10.
12. Qian H, Miao T, Liu L, Zheng X, Luo D, Li Y. Indoor transmission of SARS-CoV-2. *medRxiv* [Preprint]. 7 April 2020; Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.04.20053058v1>
15. Bahl P, Doolan C, de Silva C, Chughtai AA, Bourouiba L, MacIntyre CR. Airborne or droplet precautions for health workers treating COVID-19? *The Journal of Infectious Diseases* [Preprint]. 16 April 2020; Available from: <https://academic.oup.com/jid/advance-article/doi/10.1093/infdis/jiaa189/5820886>
24. Dietz L, Horve PF, Coil DA, Fretz M, Eisen JA, Van Den Wymelenberg K. 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission. *mSystems*. 2020 Apr 7;5(2):e00245-20.
25. Leclerc QJ, Fuller NM, Knight LE, Funk S, Knight GM. What settings have been linked to SARS-CoV-2 transmission clusters? *Wellcome Open Research*. 2020;5(83).
26. Deutsche Welle. 1.8 million people in Germany could be infected with coronavirus, researchers find [cited 2 November 2020]. Available from: <https://www.dw.com/en/18-million-people-in-germany-could-be-infected-with-coronavirus-researchers-find/a-53330608>
27. Associated Press. Game Zero: Spread of virus linked to Champions League match [updated 25 March 2020]. Available from: <https://apnews.com/article/ae59cfc0641fc63afd09182bb832ebe2>
28. Park SY, Kim YM, Yi S, Lee S, Na BJ, Kim CB, et al. Coronavirus Disease Outbreak in Call Center, South Korea. *Emerg Infect Dis*. 2020 Apr 23;26(8).

29. Li Y, Qian H, Hang J, Chen X, Hong L, Liang P, et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv [Preprint]. 22 April 2020; Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1>
30. Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z, et al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. JAMA Internal Medicine [Preprint]. 1 September 2020; Available from: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>
31. Shen Y, Li C, Dong H, Wang Z, Martinez L, Sun Z, et al. Airborne Transmission of COVID-19: Epidemiologic Evidence from Two Outbreak Investigations 2020. Available from: <https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1126623971>
32. Sun Y, Wang Z, Zhang Y, Sundell J. In China, students in crowded dormitories with a low ventilation rate have more common colds: evidence for airborne transmission. PLoS ONE. 2011;6(11):e27140.
33. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Position Document on Filtration and Air Cleaning [updated 29 January 2015]. Available from: <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/filtration-and-air-cleaning-pd.pdf>
34. Azimi P, Stephens B. HVAC filtration for controlling infectious airborne disease transmission in indoor environments: Predicting risk reductions and operational costs. Build Environ; 2013. p. 150-60.
35. Medical Advisory Secretariat. Air cleaning technologies: an evidence-based analysis. Ont Health Technol Assess Ser; 2005. p. 1-52.
36. Luengas A, Barona A, Hort C, Gallastegui G, Platel V, Elias A. A review of indoor air treatment technologies. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 2015;14(3):499-522.
37. Jiang SY, Ma A, Ramachandran S. Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement. Int J Mol Sci; 2018.
38. Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ). COVID-19: Indoor Environment 2020 [updated 6 May 2020]. Available from: <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/covid/2992-indoor-environment-covid19.pdf>
39. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Epidemic Conditions in Place (ECiP) [cited 28 October 2020]. Available from: <https://www.ashrae.org/technical-resources/building-readiness#ecip>
40. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Epidemic Task Force Building Guides [cited 2 November 2020]. Available from: <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/ashrae-covid19-infographic-.pdf>
41. Guo M, Xu P, Xiao T, He R, Dai M, Miller SL. Review and comparison of HVAC operation guidelines in different countries during the COVID-19 pandemic. Build Environ [Preprint]. 11 October 2020; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107368>
42. Canadian Committee on Indoor Air Quality. Addressing COVID-19 in buildings. Module 15 [updated August 2020]. Available from: <https://iaqresource.ca/wp-content/uploads/2020/09/CCIAQB-Module15-Eng.pdf>
47. Hayashi LC, Yano E. Ultraviolet Radiation and Cataract - A Review. Asia Pacific Journal of Public Health; 1998. p. 57-63.

2. Recommandations du CDC – Atlanta - États-Unis (26 février 2021)

Ventilation in Schools and Childcare Programs

How to use CDC building recommendations in your setting

<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/schools-childcare/ventilation.html>

Assurez-vous que les réglages de chauffage, ventilation et climatisation (CVC) maximisent la ventilation.

- Assurez-vous que vos systèmes de ventilation sont entretenus et conformes aux exigences du code. Ils doivent fournir une qualité d'air intérieur acceptable, telle que définie par la norme 62.1 de l'ASHRAE (icône externe), pour le niveau d'occupation actuel de chaque espace. Les programmes de garde d'enfants à domicile doivent répondre aux exigences établies par les autorités réglementaires locales et nationales.
- Réglez les systèmes CVC de manière à faire entrer autant d'air extérieur que votre système le permet en toute sécurité. Réduisez ou éliminez la recirculation de l'air du système CVC, lorsque cela est possible et avec l'aide d'un expert en CVC.
- Augmentez le débit d'air total du système CVC dans les espaces occupés lorsque vous le pouvez. Un débit d'air plus important favorise le mélange de l'air et garantit que l'air recyclé passe plus fréquemment à travers le filtre.
- Désactivez les commandes de ventilation à la demande (VAD) qui réduisent l'apport d'air en fonction de l'occupation ou de la température. De cette façon, l'apport d'air restera constant tout au long de la journée.
- Pour les systèmes CVC simples commandés par un thermostat, le fait de régler le commutateur de commande du ventilateur de "Auto" à "On" permettra au système CVC de filtrer et de distribuer l'air en continu.
- Envisagez de faire fonctionner le système HVAC au débit d'air extérieur maximal pendant 2 heures avant et après l'occupation du bâtiment pour rafraîchir l'air avant l'arrivée et éliminer les particules restantes à la fin de la journée.
- Bonne ventilation des cafés : Une bonne ventilation est importante, en particulier dans les zones où les étudiants ne peuvent pas forcément porter de masques. Il est préférable de prendre les repas à l'extérieur. **Si vous devez faire manger les élèves dans une cafétéria, utilisez des méthodes telles que l'ouverture des fenêtres, la maximisation de la filtration autant que le système le permet et l'utilisation de purificateurs d'air HEPA portables.**

Filtrez et/ou nettoyez l'air dans votre école ou votre programme de garde d'enfants.

- Améliorez le niveau de filtration de l'air autant que possible sans réduire significativement le débit d'air.
- Assurez-vous que les filtres sont dimensionnés, installés et remplacés conformément aux instructions du fabricant.
- **Envisagez l'utilisation de purificateurs d'air portables dotés de filtres à particules à haute efficacité (HEPA) pour améliorer l'épuration de l'air dans la mesure du possible, en particulier dans les zones à haut risque comme le bureau de l'infirmière ou la salle d'isolement.**
- **Envisagez l'utilisation de l'irradiation germicide ultraviolette (UVGI) dans les écoles et les programmes de garde d'enfants à domicile comme traitement supplémentaire pour inactiver le virus responsable du Covid-19, en particulier si les options pour augmenter la ventilation et la filtration sont limitées. Consultez un professionnel qualifié pour vous aider à concevoir et à installer tout système UVGI.**

Utilisez des ventilateurs d'extraction dans les toilettes et les cuisines.

- Inspecter et entretenir les systèmes de ventilation par aspiration dans les toilettes et les cuisines.
- Assurez-vous que les ventilateurs d'extraction des toilettes et des cuisines sont en marche et fonctionnent à plein régime pendant que l'école ou la garderie est occupée et pendant les deux heures qui suivent.

Ouvrez les fenêtres des véhicules de transport.

- La ventilation est importante dans les bus et les camionnettes desservant les écoles et les programmes de garde d'enfants, tout comme d'autres stratégies telles que l'utilisation d'un masque pour les personnes de plus de 2 ans et l'éloignement physique.
- Laissez les fenêtres des véhicules ouvertes lorsque cela ne crée pas de risque pour la sécurité ou la santé. Il est plus utile d'avoir un plus grand nombre de fenêtres ouvertes, mais il est préférable d'ouvrir quelques fenêtres plutôt que de garder toutes les fenêtres fermées.

3. Recommandations des CDC – Atlanta - États-Unis

Can ventilation filters effectively capture SARS-CoV-2 viral particles

<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>

Les filtres utilisés dans les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC) sont généralement testés selon les procédures décrites dans la norme ANSI/ASHRAE 52.2-2017-*Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size*. Cette norme a été élaborée par l'ASHRAE, une société mondiale axée sur les systèmes de construction, la qualité de l'air intérieur et la durabilité dans l'environnement bâti, et peut être consultée gratuitement en ligne. Sur la base de l'efficacité de filtration déterminée par les procédures de test, les filtres se voient attribuer une valeur minimale d'efficacité (MERV). Le MERV fournit une mesure de « l'efficacité du filtre » sur la plage de tailles de particules prescrite dans la procédure de test. Les valeurs MERV vont de 1 à 16 et des valeurs MERV plus élevées correspondent à des filtres plus efficaces.

Les recherches montrent que la taille des particules du SARS-CoV-2 est d'environ 0,1 micromètre (μm). Cependant, le virus ne se déplace généralement pas dans l'air par lui-même. Ces particules virales étant d'origine humaine, le virus est piégé dans des gouttelettes respiratoires et des noyaux de gouttelettes (gouttelettes respiratoires séchées) qui sont plus grands qu'un virus individuel. La plupart des gouttelettes et des particules respiratoires exhalées en parlant, en chantant, en respirant et en toussant ont une taille inférieure à 5 μm . Les CDC recommandent d'utiliser les filtres de ventilation les plus efficaces possibles, sans avoir d'effets néfastes sur les performances globales du système HVAC. L'ASHRAE donne des conseils similaires ; cependant, elle recommande une efficacité de filtration minimale de MERV 13, à condition qu'il n'y ait pas d'effets négatifs importants sur les performances du système CVC et le confort des occupants. Un filtre MERV 13 est au moins 50 % efficace pour capturer les particules de 0,3 μm à 1,0 μm et 85 % efficace pour capturer les particules de 1 μm à 3 μm . Collectivement, ces particules sont capables de rester en suspension dans l'air pendant des heures et sont les plus associées à une pénétration profonde dans les poumons. Un filtre MERV 14 est efficace à au moins 75 % et 90 %, respectivement, pour capturer ces mêmes particules. Les efficacités des filtres MERV 15 et MERV 16 sont encore plus élevées. Ainsi, les filtres recommandés sont nettement plus efficaces pour capturer les particules préoccupantes qu'un filtre MERV 8 typique, qui n'est efficace qu'à environ 20 % dans la plage de taille de 1 μm à 3 μm et qui n'est pas classé pour l'efficacité de capture des particules plus petites de 0,3 μm à 1,0 μm .

L'augmentation de l'efficacité de la filtration peut accroître la chute de pression à travers les filtres. Cela peut entraîner une augmentation de l'énergie du ventilateur, une réduction des débits d'air et/ou des problèmes de contrôle de la température intérieure et des niveaux d'humidité relative. Les progrès scientifiques dans la conception et la fabrication des filtres ont permis de réduire l'augmentation de la chute de pression et son impact sur les opérations de CVC, mais tous les filtres n'ont pas adopté cette nouvelle technologie. Avant de procéder à une mise à niveau de la filtration, il convient d'étudier les filtres spécifiques envisagés pour connaître leur perte de charge au(x) débit(s) d'utilisation prévu(s) et d'évaluer les impacts potentiels de cette perte de charge par rapport aux capacités du système CVC existant.

Les filtres à particules à haute efficacité (HEPA) sont encore plus efficaces pour filtrer les particules infectieuses d'origine humaine que les filtres MERV 16. Cependant, en dehors de quelques applications uniques, les filtres HEPA sont rarement utilisés dans les systèmes CVC centraux. Voir la question sur la filtration HEPA portable pour en savoir plus sur ces filtres et leur application dans l'épuration de l'air de protection.

Qu'est-ce qu'un filtre HEPA et pourquoi utiliser un purificateur d'air HEPA portable ?

Par définition, un filtre HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) est efficace à au moins 99,97 % pour capturer les particules de 0,3 μm . Cette particule de 0,3 μm correspond approximativement à la taille de particule la plus pénétrante (MPPS) à travers le filtre. Les filtres HEPA sont encore plus efficaces pour capturer les particules plus grandes et plus petites que la MPPS. Ainsi, les filtres HEPA sont efficaces à 99,97 % pour capturer les particules virales d'origine humaine associées au SARS-CoV-2.

Les unités de filtration HEPA portables qui combinent un filtre HEPA avec un système de ventilateur motorisé sont une option privilégiée pour le nettoyage de l'air auxiliaire, en particulier dans les environnements à haut risque tels que les cliniques de santé, les lieux de vaccination et de tests médicaux, les salles d'entraînement ou les salles d'attente publiques. D'autres environnements qui pourraient bénéficier d'une filtration HEPA portable peuvent être identifiés à l'aide de paramètres d'évaluation des risques typiques, tels que les taux d'incidence communautaires, les attentes en matière de respect des masques faciaux et la densité d'occupation des pièces. Bien que ces systèmes n'apportent pas d'air de dilution extérieur, ils sont efficaces pour nettoyer l'air à l'intérieur des espaces afin de réduire la concentration des particules en suspension

dans l'air, y compris les particules virales du SARS-CoV-2. Ainsi, ils assurent un renouvellement d'air efficace sans qu'il soit nécessaire de conditionner l'air extérieur.

Lors du choix d'une unité HEPA portable, sélectionnez un système dont la taille est adaptée à la zone dans laquelle il sera installé. Cette détermination est faite sur la base du débit d'air à travers l'unité, qui est généralement indiqué en pieds cubes par minute (cfm). De nombreuses unités de filtration HEPA portables sont dotées d'un débit d'air pur (CADR) (voir le guide de l'EPA sur les purificateurs d'air domestiques), qui est indiqué sur une étiquette dans le manuel d'utilisation, sur la boîte d'expédition et/ou sur l'unité de filtration elle-même. Le CADR est une norme établie définie par l'Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM). Les fabricants de purificateurs d'air portables *participants* font certifier leurs produits par un laboratoire indépendant, afin que l'utilisateur final puisse être assuré que les performances sont conformes aux déclarations du fabricant. Le CADR est généralement indiqué en pcm pour les produits vendus aux États-Unis. Les paragraphes ci-dessous décrivent comment sélectionner un purificateur d'air approprié en fonction de la taille de la pièce dans laquelle il sera utilisé. La procédure ci-dessous doit être suivie dans la mesure du possible. Si un épurateur d'air avec le numéro CADR approprié ou supérieur n'est pas disponible, sélectionnez une unité avec un numéro CADR inférieur. L'unité fournira tout de même une purification de l'air plus importante que si elle n'avait pas de purificateur d'air du tout.

Dans une pièce donnée, plus le CADR est élevé, plus l'appareil nettoie rapidement l'air ambiant. Trois numéros CADR sont indiqués sur l'étiquette AHAM, un pour la fumée, un pour la poussière et un pour le pollen. Les particules de fumée étant les plus petites, ce chiffre CADR s'applique mieux aux particules virales liées au Covid-19. L'étiquette indique également la plus grande taille de pièce (en pieds carrés, ft²) pour laquelle l'appareil est approprié, en supposant une hauteur de plafond standard de 2,5 mètres. Si la hauteur du plafond est plus élevée, multipliez la taille de la pièce (ft²) par le ratio de la hauteur réelle du plafond (ft) divisé par 8. Par exemple, une pièce de 300 pi² avec un plafond de 11 pieds nécessitera un filtre à air portable étiqueté pour une pièce d'au moins 415 pi² ($300 \times [11/8] = 415$).

Le programme CADR est conçu pour évaluer la performance des petits purificateurs d'air ambiant utilisés dans les maisons et les bureaux. Pour les purificateurs d'air plus grands, et pour les petits purificateurs d'air dont les fabricants choisissent de ne pas participer au programme CADR de l'AHAM, choisissez un appareil HEPA en fonction de la taille suggérée de la pièce (pi²) ou du débit d'air indiqué (pcm) par le fabricant. Les consommateurs pourraient prendre en considération le fait que ces valeurs reflètent souvent des conditions idéales qui surestiment les performances réelles.

Pour les purificateurs d'air qui fournissent une suggestion de taille de pièce, l'ajustement pour les pièces de plus de 8 pieds est le même que celui présenté ci-dessus. Pour les appareils qui ne fournissent qu'un débit d'air, suivez la "règle des 2/3" (icône externe) pour obtenir une approximation de la taille de pièce suggérée. Pour appliquer cette règle à une pièce d'une hauteur maximale de 8 pieds, choisissez un purificateur d'air dont la valeur du débit d'air (cfm) est au moins égale aux 2/3 de la surface du plancher (ft²). Par exemple, une pièce standard de 300 pi² nécessite un purificateur d'air offrant un débit d'air d'au moins 200 pcm ($300 \times [2/3] = 200$). Si la hauteur du plafond est plus élevée, faites le même calcul, puis multipliez le résultat par le ratio de la hauteur réelle du plafond (pi) divisé par 8. Par exemple, la pièce de 300 pi² décrite ci-dessus, mais avec un plafond de 11 pieds, nécessite un purificateur d'air pouvant fournir un débit d'air d'au moins 275 pcm ($200 \times [11/8] = 275$).

Alors que les petits systèmes de ventilateurs HEPA ont tendance à être des unités autonomes, de nombreuses unités plus grandes permettent de fixer des conduits flexibles à l'entrée et/ou à la sortie d'air (notez que les unités à conduits plus grands ne correspondent pas à la description d'un "purificateur d'air ambiant" et peuvent ne pas avoir un classement CADR). L'utilisation de gaines et le placement stratégique du système HEPA dans l'espace peuvent contribuer à fournir les schémas de flux d'air propre à moins propre souhaités là où cela est nécessaire. Les systèmes HEPA à conduits peuvent également être utilisés pour établir des interventions de capture directe à la source pour le traitement des patients et/ou des scénarios de test (voir la discussion CDC/NIOSH sur la tête de lit ventilée). Selon la taille des unités de ventilateur/filtre HEPA et la configuration de l'installation dans laquelle elles sont utilisées, plusieurs petites unités HEPA portables déployées dans des zones à haut risque peuvent être plus utiles qu'une grande unité HEPA desservant un espace combiné.

L'ajout de l'unité HEPA portable permet d'augmenter le taux de ventilation effectif et d'améliorer le mélange de l'air ambiant. Cela permet de réduire de plus de 75 % le temps nécessaire pour débarrasser la pièce des particules en suspension potentiellement infectieuses.

4. Recommandations de l'agence *Public Health Ontario* (31 décembre 2020)

<https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/ipac/2021/01/faq-covid-19-portable-air-cleaners.pdf?la=fr>

L'utilisation de dispositifs portatifs de filtration d'air et la transmission du Covid-19

Santé publique Ontario a reçu des questions concernant l'utilisation de dispositifs portatifs de filtration d'air en lien avec la transmission du Covid-19 dans les milieux intérieurs, notamment dans les écoles, les cliniques médicales et les cabinets dentaires. Le présent document se veut une ressource technique sur l'utilisation d'un dispositif portatif de filtration d'air lorsqu'il est envisagé comme une mesure de soutien visant à améliorer la qualité de l'air intérieur.

Contenu

- Quelle est la différence entre ventilation et filtration ?
- Qu'est-ce qu'un purificateur et un dispositif portatif de filtration d'air portatif et à quoi peuvent-ils servir ?
- Quelles sont les caractéristiques d'un bon dispositif portatif de filtration d'air ?
- Les dispositifs portatifs de filtration d'air peuvent-ils réduire la transmission du Covid-19 à l'intérieur ?
- Quand peut-on envisager l'utilisation d'un dispositif portatif de filtration d'air ?
- Quels facteurs doit-on prendre en compte lorsqu'il s'agit de placer un dispositif portatif de filtration d'air dans une pièce ?

5. Recommandations de l'agence de santé publique du Canada - *Public Health Agency of Canada* - 15 avril 2021

Using Ventilation and filtration to reduce aerosol transmission of COVID-19 in long-term care homes

<https://www.canada.ca/en/public-health/services/diseases/2019-novel-coronavirus-infection/guidance-documents/guide-ltch-ventilation-covid-19-pandemic.html>

Considérations relatives à la ventilation et à la filtration

- Veillez à ce que le personnel d'administration et d'entretien ait une bonne compréhension de la conception et du fonctionnement du système de ventilation du bâtiment, le manuel du système étant disponible pour examen. En consultation avec un professionnel du CVC, assurez-vous que vos systèmes de ventilation et de filtration sont correctement installés, régulièrement inspectés et entretenus. Les professionnels du CVC peuvent mesurer les débits d'air et d'autres paramètres du système pour s'assurer que ces systèmes répondent et fonctionnent conformément aux spécifications de conception.
- Consultez toujours un professionnel HVAC avant d'apporter des modifications au système HVAC, car celles-ci peuvent affecter la distribution de l'air dans le bâtiment, provoquer des fuites autour des filtres HVAC et éventuellement entraîner l'infiltration de polluants dans le bâtiment. Les professionnels du CVC seront en mesure de déterminer s'il est nécessaire d'augmenter la quantité d'air fournie aux espaces occupés en ouvrant des registres, en ajoutant un équipement de ventilation mécanique (par exemple, des ventilateurs en ligne) ou en modifiant le débit d'air. Le bon fonctionnement de tous les volets doit être vérifié régulièrement, et les capteurs, les réglages et les indicateurs du BAS doivent être périodiquement comparés aux conditions réelles sur le terrain.

Pour améliorer la ventilation, augmentez l'admission d'air extérieur du système CVC dans la mesure du possible, compte tenu des spécifications du système en matière de température et d'humidité relative.

- Augmentez la durée de fonctionnement des systèmes de ventilation à air pulsé pour filtrer l'air
- Augmenter la dilution des aérosols intérieurs en aspirant l'air extérieur et en évacuant l'air intérieur contaminé. Si l'emplacement des bouches d'évacuation extérieures pose un problème en raison de la proximité d'autres espaces (par exemple, balcons, patios, zones fumeurs), fermez l'accès à ces zones.
- En consultation avec un professionnel du CVC, minimiser ou éviter la recirculation de l'air par les systèmes de ventilation, si possible.

En consultation avec un professionnel du CVC et selon les spécifications du système,

- Envisagez d'utiliser le filtre à particules le plus efficace que le système CVC est capable de prendre en charge sans entraver les flux d'air.
- Sélectionnez un filtre avec une valeur minimale d'efficacité (MERV) de 13 ou plus, si possible. Ces filtres capturent les particules, y compris celles contenant des virus infectieux, si elles sont présentes. Ces filtres peuvent également réduire les polluants particuliers provenant de sources intérieures et extérieures.
- Assurez-vous que les filtres sont bien installés dans leur cadre, afin que l'air ne contourne pas le filtre.
- Maintenez un calendrier de remplacement des filtres HVAC, par exemple en remplaçant les pré-filtres tous les trois mois et les filtres principaux tous les six mois, ou selon les recommandations du fournisseur

de filtres, en veillant à porter un équipement de protection individuelle approprié lors du remplacement des filtres.

Assurez-vous que chaque pièce bénéficie d'un renouvellement d'air adéquat. Les différences de pression et le flux d'air directionnel sont importants pour contrôler le mouvement de l'air entre les zones d'un bâtiment, et peuvent être utilisés pour protéger les résidents contre l'exposition à des aérosols infectieux. Pour plus d'informations, consultez les ressources de l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). En outre,

- Envisagez d'augmenter les taux de renouvellement de l'air dans les chambres des personnes infectées, en utilisant uniquement le flux d'échappement, si possible, afin de ne pas contaminer d'autres zones.
- Vérifiez auprès d'un professionnel du CVC si les taux d'évacuation peuvent être augmentés, en veillant à rééquilibrer si l'on modifie les flux d'air.
- Avant de réoccuper une pièce, laissez suffisamment de temps pour vous assurer que l'air de la pièce évacuée a été rafraîchi, en utilisant les systèmes d'air forcé (HVAC), et éventuellement en ouvrant les fenêtres ou en faisant fonctionner des unités portatives d'air à particules à haute efficacité (HEPA).

Profitez de la ventilation naturelle en ouvrant les fenêtres, en fonction du temps et de la température extérieure. L'ouverture de plusieurs fenêtres peut augmenter la ventilation en favorisant un courant d'air transversal dans une pièce. Avant d'utiliser la ventilation naturelle,

- Consultez un professionnel du chauffage, de la ventilation et de la climatisation pour vous assurer que cela n'aura pas d'incidence négative sur le fonctionnement efficace du système de chauffage, de ventilation et de climatisation ou sur les niveaux d'humidité intérieure.
- Vérifiez également qu'il n'y a pas d'avis de pollution de l'air dans votre région et que les allergènes sont à des niveaux sans danger pour les occupants.
- Assurez-vous que l'ouverture des fenêtres et des portes ne présente pas de risque pour la sécurité (par exemple, en cas de chute).
- Pendant les épisodes de chaleur extrême, assurez-vous que la ventilation naturelle n'augmente pas les risques liés à l'exposition à la chaleur.
- Utilisez les contrôles de zone pour améliorer la ventilation dans certaines zones, comme celles qui sont les plus occupées, et pour minimiser la recirculation de l'air potentiellement contaminé (par exemple, assurez-vous que l'air contaminé n'est pas aspiré dans les bouches de retour d'air pour être recirculé, si possible).
- Par temps chaud, utilisez l'air conditionné central, tout en minimisant la recirculation, et en incorporant une filtration de l'air, si possible. Si des unités de climatisation autonomes sont nécessaires, orientez le flux d'air pour éviter de le souffler directement sur ou entre les personnes présentes dans la pièce, ce qui peut augmenter le risque d'infection.

En plus des considérations ci-dessus, assurez-vous que tous les siphons de plomberie restent pleins en tout temps afin de réduire la possibilité que des contaminants soient transmis par des systèmes de drainage partagés qui s'assèchent en raison du manque d'utilisation (c.-à-d. les drains de plancher).

Options si la ventilation ne peut être améliorée

Les ventilateurs portatifs ou de plafond, ou les climatiseurs individuels peuvent faire circuler l'air dans la pièce, mais ils ne permettent pas de l'échanger. L'utilisation de ventilateurs localisés ou de climatiseurs monoblocs doit être limitée car ils peuvent propulser des aérosols infectieux loin de leur source et diriger l'air chargé de virus vers les résidents, augmentant ainsi le risque d'infection. Ces types d'appareils sont difficiles à décontaminer et peuvent être des sources supplémentaires de transmission. Si vous utilisez ces appareils, orientez le flux d'air pour éviter de le souffler directement sur ou entre les personnes présentes dans la pièce.

Les filtres HEPA de haute qualité sont efficaces pour capturer les particules en suspension dans l'air, y compris certains virus. À ce jour, il n'existe aucune preuve directe que les purificateurs d'air HEPA portables sont efficaces pour réduire la transmission du SARS-CoV-2 dans les espaces clos. En tant que tels, ils ne doivent pas être considérés comme un substitut à une ventilation adéquate, à la distanciation physique et aux mesures d'hygiène, mais pourraient être considérés comme une protection supplémentaire dans les situations où l'amélioration de la ventilation naturelle ou mécanique n'est pas possible et dans les pièces qui ne sont pas bondées. Même lorsqu'un purificateur d'air portable est utilisé, il est toujours important que les interactions entre les individus soient aussi peu nombreuses, aussi brèves et se produisent à la plus grande distance physique possible. Pour maximiser l'efficacité, les purificateurs d'air portables doivent fonctionner en continu et être placés de manière à permettre un flux d'air sans entrave. Placez l'épurateur d'air de manière à éviter de souffler directement sur ou entre les personnes présentes dans la pièce, ce qui pourrait augmenter le risque d'infection. Assurez-vous que l'entrée d'air de l'appareil n'est pas obstruée par des meubles ou des murs.

Lors de l'achat d'un purificateur d'air portable,

- Assurez-vous qu'il est certifié par un organisme reconnu tel que l'Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM).
- Choisissez un purificateur d'air dont le débit d'air pur (CADR) est suffisamment élevé pour la pièce où il sera installé.
- Suivez les recommandations du fabricant pour le fonctionnement, l'entretien et le nettoyage de l'appareil.
- Assurez-vous que les filtres sont remplacés régulièrement et conformément aux instructions du fabricant.

Certains purificateurs d'air portables peuvent produire des sous-produits dangereux pour la santé. En particulier, les purificateurs d'air produisant de l'ozone doivent être évités.

D'autres appareils de ventilation peuvent être utilisés pour améliorer la qualité de l'air intérieur, comme les systèmes de ventilation à récupération de chaleur (VRC) et de ventilation à récupération d'énergie (VRE). Les systèmes VRC échangent l'air intérieur vicié contre de l'air extérieur tout en transférant la chaleur entre l'air intérieur expulsé et l'air extérieur entrant. Par temps frais, la chaleur est retenue dans la maison, tandis que pendant les mois plus chauds, la chaleur est expulsée à l'extérieur. Cela améliore la ventilation intérieure tout en maintenant l'efficacité énergétique. Les VRE transfèrent l'humidité, en plus de la chaleur. Vérifiez que les VRC et les VRE sont correctement installés, entretenus et opérationnels. À part pour l'entretien, votre VRC ou VRE devrait fonctionner continuellement et au réglage le plus élevé pour la ventilation de l'air frais.

En hiver, des humidificateurs d'air peuvent être utilisés pour augmenter le taux d'humidité relative, qui est souvent trop faible pendant la saison hivernale. Les systèmes d'humidification et de déshumidification de l'air sont parfois intégrés au système CVC et doivent être inspectés, ainsi que les capteurs d'humidité, dans le cadre de l'entretien général du système CVC. Bien que les humidificateurs n'éliminent pas le virus du SARS-CoV-2 de l'air intérieur, l'humidité relative peut avoir un impact sur la durée pendant laquelle les particules contenant le virus sont en suspension dans l'air, et sur la durée pendant laquelle elles restent infectieuses. Il est donc important de maintenir un taux d'humidité optimal, entre 40 et 60 %, dans les environnements intérieurs. Un taux d'humidité plus faible peut entraîner un rétrécissement des gouttelettes, et les particules plus petites (par exemple, les aérosols) peuvent rester en suspension dans l'air plus longtemps. Toutefois, une augmentation excessive de l'humidité peut entraîner la formation de condensation sur les surfaces, ainsi qu'à l'intérieur des murs et des zones du bâtiment où elle n'est pas visible. Cela peut entraîner la formation de moisissures et la prolifération d'acariens. Pour en savoir plus, consultez la fiche d'information de Santé Canada : L'humidité relative à l'intérieur.

6. Recommandations - Finlande

Coronavirus and safety of indoor air

<https://thl.fi/en/web/environmental-health/indoor-air/coronavirus-and-safety-of-indoor-air>

Les purificateurs d'air peuvent-ils réduire les coronavirus dans l'air intérieur ?

Un purificateur d'air peut être adapté pour réduire les virus dans l'air intérieur, à condition d'utiliser des techniques de nettoyage appropriées, et que l'équipement soit entretenu et positionné dans la pièce à nettoyer de manière adéquate.

La section suivante décrit les avantages et les inconvénients des différentes techniques. Des études indiquent que la filtration mécanique (filtres HEPA et ULPA) et l'adsorption (y compris un filtre à charbon actif) éliminent les impuretés particulaires, qui comprennent également les virus. Ces techniques ne génèrent pas d'impuretés secondaires nocives.

- Le rayonnement UV est couramment utilisé pour détruire les virus dans les laboratoires, l'industrie alimentaire et les salles d'opération. Cependant, les sous-produits créés lors de l'utilisation de cette technique doivent être pris en compte, notamment l'ozone, qui s'est avéré avoir des effets néfastes sur la santé (valeur HTP = concentration connue pour être nocive à 0,05 ppm en 8 heures).
- L'oxydation photocatalytique et la désinfection au plasma sont également utilisées pour détruire les virus, mais ces techniques produisent également des impuretés secondaires, notamment du formaldéhyde, de l'acétaldéhyde, des oxydes d'azote et de l'ozone.
- La filtration électronique est adaptée à l'élimination des impuretés particulaires, telles que les virus, mais des particules nocives à charge électronique, des particules ultrafines et de l'ozone peuvent être produits lors de leur utilisation.

Il convient de noter que dans le cas de techniques combinées, c'est-à-dire utilisant la filtration mécanique et l'adsorption en plus de l'une des techniques énumérées ci-dessus, le dispositif peut éliminer les contaminants générés comme sous-produits.

Les ioniseurs, ou ionisateurs d'air, ne conviennent pas pour le contrôle des virus, car ils sont basés sur la libération d'ions dans l'air. Les ions se lient aux particules, dans ce cas le virus, et en conséquence les virus deviennent chargés. Les virus chargés peuvent se fixer sur des surfaces telles que les murs, les sols et les meubles.

Il convient d'être extrêmement prudent lorsque vous placez le purificateur d'air dans une pièce. Vous devez vous assurer que la direction du flux d'air dans l'appareil est correctement réglée : pas " de sale à propre ", ce qui entraînerait la propagation d'impuretés telles que les virus dans la pièce. Il faut également s'assurer qu'il n'y a pas de dérivation dans le purificateur d'air, mais que tout l'air qui le traverse est filtré. Il faut également tenir compte des zones que le purificateur d'air ne peut atteindre, en prévoyant un nombre suffisant d'appareils et en les positionnant correctement. Il faut veiller à l'entretien et au nettoyage des appareils (notamment en remplaçant les filtres assez fréquemment).

L'ozonisation peut-elle être utilisée pour détruire le coronavirus dans l'air intérieur ?

L'ozonisation ne doit pas être utilisée pour lutter contre le coronavirus, car il n'existe aucune preuve scientifique de l'efficacité de cette méthode contre le virus. Au pire, l'utilisation d'un ozoniseur peut mettre votre vie en danger. L'ozone lui-même provoque des effets nocifs aigus sur la santé : douleurs thoraciques, toux, difficultés respiratoires et irritation de la gorge.

L'ozone peut également exacerber les symptômes de l'asthme et affaiblir l'immunité. Les effets chroniques de l'ozone comprennent le déclenchement de l'asthme, le durcissement des artères et la réduction de l'espérance de vie. L'exposition prolongée à l'ozone à des concentrations élevées augmente également la mortalité liée aux maladies respiratoires chez les personnes âgées.

La valeur HTP de l'ozone, c'est-à-dire la concentration connue pour être nocive, est de 0,05 ppm par 8 heures. Le ministère des affaires sociales et de la santé a estimé que l'ozone peut être nocif pour la santé des employés si les concentrations moyennes dépassent 0,05 ppm.

En outre, l'ozonisation crée des impuretés secondaires, qui sont nocives pour la santé et peuvent rester dans l'air intérieur pendant des mois, voire plus longtemps.

Une armoire à ozone peut-elle être utilisée pour détruire le coronavirus dans les textiles et les objets ?

Il n'y a pas de preuve de l'efficacité de l'ozonisation contre le coronavirus, même lorsqu'elle est effectuée dans une cabine d'ozone. C'est pourquoi nous ne recommandons pas l'utilisation d'un ozoniseur pour détruire le coronavirus.

Dans une armoire à ozone, l'ozonisation a lieu dans un espace clos d'où il ne doit pas y avoir de fuites vers les installations environnantes. L'exposition à l'ozone et aux sous-produits de l'ozonisation est donc peu probable. Il est toutefois possible que des sous-produits du processus d'ozonisation se répandent dans l'air intérieur à partir de l'armoire lorsque la porte est ouverte. L'adsorption des sous-produits dans les objets à ozone est également possible. En théorie, une exposition aux sous-produits de l'ozone est donc possible.

Le peroxyde d'hydrogène sous forme de vapeur peut-il être utilisé pour lutter contre le coronavirus ?

Des études montrent que la vapeur de peroxyde d'hydrogène est efficace contre de nombreux virus, notamment les norovirus, les adénovirus, les virus de la grippe et les coronavirus. Cependant, l'efficacité du peroxyde d'hydrogène dépend de facteurs tels que sa concentration, le temps de contact, la température, l'humidité et le matériel à décontaminer. Comme l'efficacité du peroxyde d'hydrogène varie selon les matériaux et les microbes, il est important de valider la méthode de peroxyde d'hydrogène choisie pour l'objectif visé. Avant l'évaporation du peroxyde d'hydrogène, il est recommandé de nettoyer et de désinfecter les surfaces avec un désinfectant liquide en suivant les instructions de nettoyage communes publiées par l'Institut finlandais de la santé au travail et l'Institut finlandais de la santé et du bien-être :

Institut finlandais de la santé au travail : Directives de nettoyage pour la prévention des infections à Covid-19

Bien que les produits finaux du peroxyde d'hydrogène soient l'oxygène et l'eau, le traitement au peroxyde d'hydrogène peut également produire différents produits de réaction, dont certains peuvent être nocifs et qui peuvent déclencher une autre réaction et produire des sous-produits plus irritants et corrosifs. Ils peuvent également être adsorbés dans les matériaux de construction et de décoration intérieure ou rester dans l'air intérieur pendant de longues périodes. La vaporisation de peroxyde d'hydrogène doit toujours être envisagée au cas par cas, et elle doit être effectuée par un professionnel avec les précautions appropriées.

La ventilation peut-elle contribuer à réduire les infections à coronavirus ?

Une ventilation efficace est importante pour éliminer les éventuels contaminants de l'air intérieur. La ventilation doit être suffisante et fonctionner comme prévu. Pour garantir une bonne qualité de l'air intérieur, il convient de remplacer les filtres des équipements de ventilation aux intervalles habituels et de procéder à un nettoyage régulier des conduits de ventilation.

7. États-Unis / EPA 22 Mars 2021

Air Cleaners, HVAC Filters, and Coronavirus (COVID-19)

<https://www.epa.gov/coronavirus/air-cleaners-hvac-filters-and-coronavirus-covid-19>

Utilisés correctement, les purificateurs d'air et les filtres HVAC peuvent contribuer à réduire les contaminants en suspension dans l'air, y compris les virus, dans un bâtiment ou un petit espace. En soi, l'épuration ou la filtration de l'air ne suffit pas à protéger les gens contre le Covid-19. Lorsqu'elle est utilisée avec d'autres bonnes pratiques recommandées par le CDC et d'autres organismes de santé publique, notamment la distanciation sociale et le port de masque, la filtration peut faire partie d'un plan visant à réduire le potentiel de transmission du Covid-19 par voie aérienne à l'intérieur.

Les purificateurs d'air et les filtres HVAC sont conçus pour filtrer les polluants ou les contaminants de l'air qui les traverse. Le nettoyage et la filtration de l'air peuvent aider à réduire les contaminants en suspension dans l'air, y compris les particules contenant des virus. Les purificateurs d'air portables (également appelés purificateurs d'air) peuvent être particulièrement utiles lorsqu'une ventilation supplémentaire avec de l'air extérieur n'est pas possible sans compromettre le confort intérieur (température ou humidité), ou lorsque la pollution de l'air extérieur est élevée.

Pour qu'un purificateur d'air soit efficace pour éliminer les virus de l'air, il doit être capable d'éliminer les petites particules en suspension dans l'air (d'une taille comprise entre 0,1 et 1 µm). Les fabricants indiquent cette capacité de plusieurs façons. Dans certains cas, ils peuvent indiquer l'efficacité d'élimination des particules pour des tailles de particules spécifiques (par exemple, "élimine 99,9 % des particules aussi petites que 0,3 µm"). De nombreux fabricants utilisent le système de notation CADR (*Clean Air Delivery Rate*) pour évaluer les performances des purificateurs d'air. D'autres indiquent qu'ils utilisent des filtres à particules à haute efficacité (HEPA). Pour sélectionner un purificateur d'air qui filtre efficacement les virus présents dans l'air, choisissez : 1) un appareil dont la taille est adaptée à l'espace dans lequel vous l'utiliserez (le fabricant indique généralement la superficie en pieds carrés), 2) un appareil dont le CADR est élevé pour la fumée (par rapport au pollen ou à la poussière), qui est désigné comme un appareil HEPA ou qui indique spécifiquement qu'il filtre les particules d'une taille comprise entre 0,1 et 1 µm.

Comment choisir un purificateur d'air portable pour une résidence ?

- Choisissez un purificateur d'air portable adapté à la taille de la pièce dans laquelle il sera utilisé et assurez-vous qu'il répond à au moins un des critères suivants :
 - il est désigné HEPA (*High-Efficiency Particulate Air*),
 - il est classé CADR, ou
 - le fabricant déclare que l'appareil élimine la plupart des particules d'une taille inférieure à 1 µm.

La plupart des fabricants fournissent ces informations sur l'emballage, l'étiquette ou la description du site Web du purificateur d'air.

- N'utilisez pas de purificateurs d'air qui génèrent intentionnellement de l'ozone dans les espaces occupés ou qui ne sont pas conformes aux réglementations de l'État ou aux normes industrielles en matière de génération d'ozone.

Les purificateurs d'air portables, également appelés purificateurs d'air ou assainisseurs d'air, sont conçus pour filtrer l'air d'une seule pièce ou zone. Les filtres des appareils centraux de chauffage ou de climatisation sont conçus pour filtrer l'air dans toute la maison. Les purificateurs d'air portables et les filtres HVAC peuvent réduire les polluants de l'air intérieur, y compris les virus, qui sont en suspension dans l'air. À eux seuls, les purificateurs d'air portables et les filtres HVAC ne suffisent pas à protéger les gens contre le virus responsable du Covid-19. Lorsqu'elle est utilisée avec d'autres bonnes pratiques recommandées par les CDC et d'autres organismes, la filtration peut faire partie d'un plan visant à protéger les personnes à l'intérieur.

Épurateurs d'air et filtres HVAC dans les bureaux, les écoles et les bâtiments commerciaux

Les systèmes CVC des grands bâtiments filtrent généralement l'air avant qu'il ne soit distribué dans tout le bâtiment. Pensez donc à améliorer les filtres CVC en fonction de votre bâtiment et de votre système CVC (consultez un professionnel du CVC). La variété et la complexité des systèmes HVAC des grands bâtiments nécessitent une interprétation professionnelle des directives techniques, telles que celles fournies par ASHRAE et CDC. L'EPA, l'ASHRAE et le CDC recommandent de remplacer les filtres à air par des filtres à

efficacité maximale compatibles avec le système et de vérifier l'ajustement des filtres pour minimiser le contournement de l'air.

Envisager l'utilisation de purificateurs d'air portables pour compléter l'augmentation de la ventilation et de la filtration du système CVC, en particulier dans les zones où il est difficile d'obtenir une ventilation adéquate. Le fait de diriger le flux d'air de manière à ce qu'il ne souffle pas directement d'une personne à l'autre réduit la propagation potentielle de gouttelettes pouvant contenir des virus infectieux.

L'épuration de l'air peut être utile lorsqu'elle est utilisée en même temps que le contrôle à la source et la ventilation, mais elle ne remplace pas ces deux méthodes. Le contrôle à la source implique l'élimination ou la diminution des polluants tels que la fumée, le formaldéhyde ou les particules contenant des virus. L'utilisation de purificateurs d'air ne peut à elle seule garantir une qualité d'air adéquate, en particulier lorsque des sources importantes de polluants sont présentes et que la ventilation est insuffisante.

Appareils de purification de l'air qui utilisent l'ionisation bipolaire, y compris les purificateurs d'air portatifs et les purificateurs d'air en conduite utilisés dans les systèmes CVC

- N'utilisez pas de générateurs d'ozone dans les espaces occupés. Certains produits vendus comme purificateurs d'air génèrent intentionnellement de l'ozone. Ces produits ne peuvent pas être utilisés en toute sécurité en présence de personnes, car l'ozone peut irriter les voies respiratoires. N'utilisez pas de générateurs d'ozone dans les espaces occupés. Lorsqu'il est utilisé à des concentrations qui ne dépassent pas les normes de santé publique, l'ozone appliqué à l'air intérieur n'élimine pas efficacement les virus, les bactéries, les moisissures ou d'autres polluants biologiques.

L'ionisation bipolaire (également appelée ionisation bipolaire en pointe d'aiguille) est une technologie qui peut être utilisée dans les systèmes CVC ou les purificateurs d'air portables pour générer des particules chargées positivement et négativement. Sous réserve que les fabricants disposent de données démontrant leur efficacité, les fabricants de ces types d'appareils peuvent commercialiser cette technologie pour aider à éliminer de l'air les virus, y compris le SARS-CoV-2, le virus à l'origine du Covid-19, ou pour faciliter la désinfection des surfaces dans une zone traitée. Il s'agit d'une technologie émergente, et peu de recherches sont disponibles pour l'évaluer en dehors des conditions de laboratoire. Comme c'est le cas pour les nouvelles technologies, les preuves de sécurité et d'efficacité sont moins documentées que pour les technologies plus établies, comme la filtration. L'ionisation bipolaire a le potentiel de générer de l'ozone et d'autres sous-produits potentiellement dangereux à l'intérieur, à moins que des précautions spécifiques ne soient prises dans la conception et l'entretien du produit. Si vous décidez d'utiliser un appareil qui intègre la technologie d'ionisation bipolaire, l'EPA recommande d'utiliser un appareil qui répond à la certification de la norme UL 2998.

Annexe 7 – Synthèse de la littérature scientifique 2020/2021 relative aux purificateurs d'air

- **Allen, J.G., Ibrahim A.M. Indoor Air Changes and Potential Implications for SARS-CoV-2 Transmission.** JAMA (avril 2021). <https://doi.org/10.1001/jama.2021.5053>

La majorité des clusters à SARS-CoV-2 impliquant 3 personnes ou plus sont liées au temps passé à l'intérieur de locaux de bâtiments, la transmission aérienne à distance (définie comme dans une pièce mais à plus de 6 pieds de distance) du SARS-CoV-2 jouant un rôle dans ces situations.

Il est essentiel de contrôler les concentrations d'aérosols respiratoires intérieurs afin de réduire la transmission par voie aérienne des agents infectieux, et cela peut se faire par le contrôle à la source (masquage, éloignement physique) et par des contrôles techniques (ventilation et filtration). Concernant les contrôles techniques, il existe une faille importante dans le fonctionnement de la plupart des bâtiments : les normes actuelles de ventilation et de filtration des espaces intérieurs, à l'exception des établissements de santé, sont établies pour le strict minimum et ne sont pas conçues pour le contrôle des infections. Plusieurs organisations et groupes ont appelé à augmenter les taux de ventilation de l'air extérieur, mais, à ce jour, il y a eu peu d'indications sur les objectifs spécifiques de ventilation et de filtration. Cet article décrit les raisons pour lesquelles il faut limiter la transmission du SARS-CoV-2 par voie aérienne en augmentant la ventilation par de l'air extérieur en améliorant la filtration mécanique des salles d'un bâtiment, et propose des objectifs.

Pour réduire la transmission à distance du SARS-CoV-2 dans les espaces intérieurs de faible volume (p. ex. salles de classe, magasins de détail, habitats en cas de visite d'invités), il est suggéré de viser un taux de 4 à 6 renouvellements d'air neuf par heure, en combinant les éléments suivants : ventilation de l'air extérieur, air recyclé qui passe par un filtre ayant au moins une valeur d'efficacité minimale de 13 (MERV 13) ou passage de l'air dans des purificateurs d'air portatifs munis de filtres HEPA (*high-efficiency particulate air*).

Ces suggestions sont fondées sur les principes de base de l'expologie (science de l'exposition) et de la réduction du risque de par inhalation. Une ventilation et des taux de filtration plus élevés éliminent plus rapidement les particules de l'air intérieur, réduisant ainsi l'intensité de l'exposition et la durée pendant laquelle les aérosols respiratoires restent en suspension dans une pièce. Cette approche est conforme à ce qui est utilisé dans les hôpitaux pour minimiser le risque de transmission. Les articles de revues portant sur la relation entre la ventilation et les maladies infectieuses indiquent que la ventilation joue un rôle clé dans la transmission des maladies infectieuses, citant des études épidémiologiques observationnelles montrant qu'une faible ventilation est associée à la transmission de la rougeole, de la tuberculose, du rhinovirus, de la grippe et du SARS-CoV-1. Cependant il est noté le nombre limité de travaux publiés sur ce sujet et les limites des données observationnelles. Plus récemment, le *National Institute of Allergy and Infectious Diseases* a cité l'importance d'une ventilation appropriée dans l'ensemble des mesures de contrôle du Covid-19, et les *Centers for Disease Control and Prevention* et l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) soutiennent des taux de ventilation plus élevés et une meilleure filtration en tant que composantes de stratégies globales de réduction des risques.

En synthèse cet article souligne l'importance des systèmes de ventilation des bâtiments par renouvellement d'air provenant de l'extérieur et filtré pour la maîtrise de la transmission du SARS-CoV-2. Ces systèmes de ventilation et de filtration d'air recyclé dans des conduits d'air sont à différencier d'unités de filtration mobile installées dans une pièce, qui filtrent certaines particules ou polluants mais ne font que brasser l'air plus ou moins complètement de la pièce.

- **Mousavi, E.S., Kananizadeh N., Martinello R.A., Sherman J.D. COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation.** Environm. Sci. Technol. 55 (7): 4134-47. (6 avril 2021). <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03247>

L'épidémie de SARS-CoV-2 impose une réflexion critique sur la qualité de l'air intérieur des hôpitaux et les approches visant à éliminer, diluer et désinfecter les microorganismes pathogènes de

l'environnement hospitalier. Cet article propose une revue systématique de la littérature sur les performances de filtration et de la recirculation de l'air dans les établissements de soins. La recherche documentaire intègre les codes et règlements et les publications évaluées par les pairs, ainsi que les normes. Au total 394 publications, dont 109 documents ont été inclus dans l'analyse. Dans l'ensemble, même si les preuves solides à l'appui des pratiques actuelles sont très rares, une filtration appropriée reste une approche importante pour maintenir la qualité de l'air intérieur dans les hôpitaux.

- **Ham, S. Prevention of exposure to and spread of COVID-19 using air purifiers: challenges and concerns.** *Epidemiol. Health* 42: e2020027. (2020). <https://doi.org/10.4178/epih.e2020027>

Le gouvernement de la Corée du Sud a déclaré une alerte rouge, qui est le plus haut niveau du système national d'alerte aux maladies infectieuses. Un cluster était apparu dans un centre d'appels téléphoniques à Séoul. Pour aider ce centre, le ministère coréen de l'Emploi et du Travail a proposé de financer les coûts d'installation de cloisons et de purificateurs d'air, de fournir des désinfectants pour l'hygiène des mains et des masques pour prévenir les infections par transmission gouttelettes et aérosols. **Les purificateurs d'air installés dans le centre ont favorisé la propagation du virus et généré des cas secondaires car ils étaient positionnés au niveau des visages** des travailleurs. Lorsqu'un travailleur tousse ou émet des gouttelettes à proximité d'un collègue, ces gouttelettes peuvent se propager dans tout le centre d'appels via le flux d'air provenant du purificateur d'air. Les stratégies de prévention des infections ne doivent pas conduire à sur-augmenter le risque de transmission par une mauvaise utilisation de techniques comme les purificateurs d'air qui auraient dû être positionnés différemment pour ne pas générer ces flux d'air. Par conséquent, l'utilisation de purificateurs d'air pour contrôler la propagation du Covid-19 **doit être abordée avec prudence.**

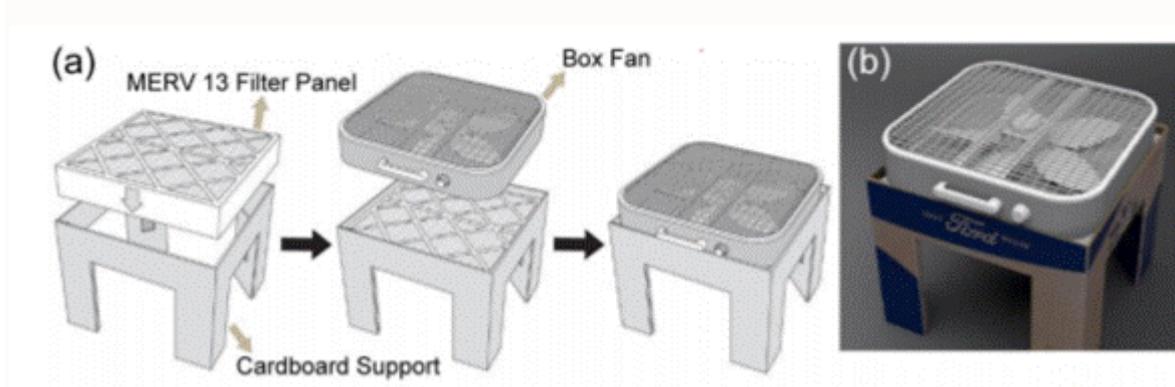
- **Narayanan, S.R., Yang S. Airborne transmission of virus-laden aerosols inside a music classroom: Effects of portable purifiers and aerosol injection rates.** *Physics of Fluids* (Woodbury, N.Y.: 1994) 33 (3): 033307. (01 mars 2021). <https://doi.org/10.1063/5.0042474>

Cette étude évalue par modélisation les effets du placement de purificateurs d'air portatifs équipés de filtres HEPA à différents endroits à l'intérieur d'une salle de classe de musique en fonction de différents niveaux d'aérosols (ex. avec ou sans masques, différents instruments de musique, etc.). Les dépôts d'aérosols et la concentration aéroportée sont analysés. L'utilisation de purificateurs pouvait aider à atteindre des taux de ventilation proches des valeurs prescrites par l'Organisation Mondiale de la santé (OMS). Cela pourrait permettre de décider des périodes de pause entre les sessions en classe, qui était d'environ 25 min dans cette étude. De plus, un placement adéquat des purificateurs pourrait offrir des avantages importants dans la réduction des aérosols (offrant plusieurs ordres de grandeur plus élevés d'élimination des aérosols en comparant à l'absence de purificateurs). Par contre un placement inadéquat des purificateurs **pourrait aggraver la situation.** Cette étude suggère que le purificateur d'air soit placé loin des personnes à protéger.

- **He R., Liu W., Elson J., Vogt R., Maranville C., Hong J. Airborne Transmission of COVID-19 and Mitigation Using Box Fan Air Cleaners in a Poorly Ventilated Classroom.** *medRxiv*, janvier, 2021.03.11.21253395. (01 janvier 2021). <https://doi.org/10.1101/2021.03.11.21253395>

Cette étude porte sur la transmission d'aérosols dans une salle de classe équipée d'unités mobiles de filtration économiques associant un filtre (niveau de performance MERV 13) et un ventilateur horizontal de faible coût (voir schéma). L'étude montre que placer une unité mobile de filtration dans la salle de classe a comme conséquence une réduction substantielle du risque aéroporté de transmission dans tout l'espace. Plusieurs unités mobiles de filtration seront plus efficaces qu'une grosse installation. Le nombre et le placement des ventilateurs/ purificateurs d'air doivent être ajustés pour maintenir l'efficacité pour les grandes salles de classe et pour tenir compte du gradient thermique.

L'étude montre que les unités mobiles de filtration peuvent servir d'alternative efficace à faible coût pour atténuer les risques de transmission aéroportée dans les espaces mal ventilés.



MERV (*Minimum Efficiency Reporting Value*) est une unité de mesure développée par l'ASHRAE. Le CDC recommande au minimum une filtration sur du MERV 14 ou mieux (MERV 14)

Catégorie	Particules 0,3-1 µm	Particules 1-3 µm	Particules 3-10 µm
MERV 13	< 75 %	> 90 %	> 90 %
MERV 14	75-84%	> 90%	> 90 %

- **Liang, C., Jiang S., Shao X., Wang H., Yan S., Yang Z., Li X. Is It Safe to Reopen Theaters During the COVID-19 Pandemic?** *Frontiers in Built Environment* 7. (2021) <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.637277>

L'objectif de cette étude était de modéliser la diffusion d'aérosol viral libéré par une personne infectée par le SARS-CoV-2 dans une salle de théâtre avec un système de ventilation/filtration. Les risques d'infection ont été calculés, à l'aide d'un modèle révisé de Wells-Riley, pour les occupants à différentes distances de la personne infectée, dans des directions différentes, avec ou sans port de masques, sous différents niveaux de ventilation/filtration et différents emplacements de la personne infectée. Les résultats montrent que les probabilités de contamination d'une personne par inhalation après filtration ou ventilation par de l'air frais sont diminuées de 39,8 et 55,6 %, respectivement, par rapport à l'air recyclé non filtré. Deuxièmement, les probabilités de contamination pour les spectateurs assis à neuf sièges de la personne infectée sur les côtés droits, arrière droits et arrières sont diminuées 84,9-92,3%, 37,3-74,0%, et 36,3-72,0% respectivement en comparaison des spectateurs assis à un siège de la personne infectée. En outre, être assis dans des rangées séparées peut réduire la probabilité jusqu'à 68,3%. Troisièmement, la probabilité de contamination peut être réduite de 93,7 % si tous les spectateurs portent des masques avec une efficacité de 75 %.

En conclusion, d'après la modélisation réalisée dans cette étude, les théâtres peuvent être ouverts en toute sécurité à condition de filtrer l'air ventilé ou d'aérer avec de l'air frais et lorsque le public est assis dans des sièges séparés et porte des masques.

- **Bazant, M. Z., Bush J.W.M. A guideline to limit indoor airborne transmission of COVID-19.** *Proc. Nat. Acad. Sci.* 118 (17): e2018995118. (27 avril 2021). <https://doi.org/10.1073/pnas.2018995118>

Les auteurs ont construit des modèles de transmission de maladies aéroportées afin de proposer une « ligne directrice » qui donnerait une limite supérieure de « temps d'exposition cumulatif », calculé à partir du nombre d'occupants et de leur temps passé dans un espace clos. Ils démontrent comment ce lien dépend des taux de ventilation et de filtration de l'air, des dimensions de la pièce, de l'activité respiratoire, de l'utilisation du masque par les occupants, et de l'infectiosité des aérosols respiratoires. En synthétisant les données disponibles les mieux caractérisées des événements de propagation en intérieur avec les distributions de la taille des gouttelettes, ils ont estimé une dose infectieuse de l'ordre de 10 virions dans l'aérosol. Le nouveau virus SARS-CoV-2 apparaît plus infectieux que son prédécesseur (SARS-CoV-2), ce qui est compatible avec la diffusion

pandémique du Covid-19. Des études de cas sont présentées pour les salles de classe et les cabinets de soins infirmiers. Une feuille de calcul et une application en ligne sont fournies pour faciliter l'utilisation de ces lignes directrices. Une attention particulière est accordée aux projections respiratoires, qui peuvent augmenter considérablement le risque de contamination lorsque les masques ne sont pas portés.

Le 14 mai 2021

Haut Conseil de la santé publique

14 avenue Duquesne

75350 Paris 07 SP

www.hcsp.fr