

PLEINS FEUX SUR

Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) dans les immeubles et COVID-19



2^e révision : avril 2023

Principales conclusions

- Les milieux intérieurs présentent un risque élevé d'infection par la COVID-19. Une ventilation inadéquate ou insuffisante a souvent été signalée comme un facteur de risque dans les enquêtes sur les éclosions. Dans le cadre d'une stratégie à plusieurs niveaux suivant les lignes directrices de santé publique, l'amélioration de la ventilation de l'air extérieur et/ou de la filtration lorsque cela est possible, ainsi qu'un système de CVC qui fonctionne bien peuvent compléter d'autres mesures de santé publique en éliminant et en diluant le virus dans l'air intérieur, réduisant ainsi l'exposition à la COVID-19.
- La filtration et la ventilation sont des éléments importants d'une stratégie d'amélioration de la qualité de l'air intérieur pour évacuer ou capturer les gaz, les vapeurs et les particules en suspension dans l'air, y compris les poussières et les aérosols contenant des virus. L'élimination

de ces matières dilue leur concentration dans l'air intérieur et peut réduire l'exposition des occupants.

- La ventilation peut être améliorée par un plus grand nombre de renouvellements d'air en utilisant une combinaison d'air extérieur et d'air recyclé filtré. Les normes de renouvellement d'air sont fixées par diverses associations pour différents types d'environnements de bâtiments. En dehors des milieux cliniques, les normes de ventilation sont traditionnellement fondées sur le confort, plutôt que sur le contrôle des infections.
- Les stratégies de ventilation naturelle peuvent améliorer considérablement la qualité de l'air intérieur. L'efficacité dépend du temps et peut ne pas être réalisable lorsque le climat extérieur est inadéquat. L'établissement d'une brise transversale par l'ouverture d'une porte opposée ou d'une fenêtre supplémentaire améliorera la circulation de l'air.
- Les niveaux de dioxyde de carbone (CO₂) à l'intérieur peuvent être utilisés comme indicateur de la ventilation dans le cadre d'une évaluation professionnelle et sont généralement évalués selon des lectures moyennées dans le temps. Des niveaux élevés de CO₂ à l'intérieur peuvent potentiellement indiquer les espaces où l'apport d'air extérieur est faible, mais le CO₂ n'est pas un indicateur direct du risque de transmission de la COVID-19. Si des moniteurs de CO₂ sont envisagés pour des personnes n'ayant aucune expérience de leur utilisation, on devrait alors examiner soigneusement les conseils sur l'interprétation des niveaux et les mesures à prendre en conséquence.
- Les courants d'air, comme ceux provenant d'un ventilateur ou d'un climatiseur, entre une personne infectée et d'autres personnes se trouvant à proximité peuvent être un facteur important de transmission. Évitez les courants d'air directionnels entre les personnes pour réduire la propagation des particules respiratoires.
- Il existe des rapports de cas de recirculation d'air non filtré dans un espace lié à la transmission de la COVID-19 dans les milieux intérieurs ayant une ventilation faible ou inadéquate. À ce jour, on n'a trouvé aucun rapport sur la propagation du SRAS-CoV-2 par des systèmes centralisés de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC).
- Des inspections et un entretien de routine appropriés au système sont nécessaires.

Contexte

Le coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS-CoV-2) est transmis d'une personne infectieuse (source ou cas) à une personne sensible (récepteur ou contact) dans un éventail de tailles de particules respiratoires et de distances. Les particules respiratoires infectieuses sont inhalées par les personnes ou déposées sur les surfaces muqueuses. Des données probantes indiquent que certains facteurs augmentent le risque de transmission du SRAS-CoV-2, notamment la distance entre le contact et le cas, les contacts prolongés et non protégés, ainsi qu'une ventilation inadéquate, les activités qui augmentent l'expulsion d'aérosols (p. ex. crier, faire de l'exercice) et l'absence du port du masque pour le contrôle à la source¹.

Traditionnellement, les principaux objectifs d'un système de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) sont de contribuer à maintenir une bonne qualité de l'air intérieur par une ventilation adéquate avec filtration et de fournir un confort thermique aux occupants de l'immeuble. Les systèmes de CVC figurent habituellement parmi les plus gros consommateurs d'énergie dans les espaces intérieurs résidentiels et commerciaux².

La ventilation et la filtration peuvent réduire le risque de transmission du SRAS-CoV-2 en éliminant et en diluant les particules chargées de virus dans l'air intérieur. Comme c'est le cas pour d'autres mesures à plusieurs niveaux, la ventilation et la filtration ne suffisent pas à elles seules à maîtriser les risques de transmission, en particulier en cas d'exposition par contact étroit. Parmi les autres mesures essentielles pour réduire le risque de transmission, mentionnons la vaccination, la limitation des contacts, le dépistage et l'auto-isollement des personnes présentant des symptômes, la distanciation physique, l'hygiène des mains et le port d'un masque ou d'un respirateur bien ajusté. Par conséquent, même si la ventilation et la filtration sont importantes pour la qualité globale de l'air intérieur ainsi que pour la réduction des risques associés à la COVID-19, ces interventions doivent être utilisées conjointement avec d'autres mesures de santé publique pour réduire au minimum le risque de transmission.

Dans le présent document, nous fournissons un résumé des concepts de ventilation et de filtration dans le contexte de la gestion de la transmission de la COVID-19.

Méthodologie

Une recherche en bibliothèque a été effectuée dans les bases de données MEDLINE, Inspec, Environment Complete et Scopus ainsi que dans la documentation des NIH sur la COVID-19 afin de trouver des publications à comité de lecture et des prépublications sur la transmission de la COVID-19 liée aux systèmes de CVC, à l'air ou aux milieux intérieurs, le 7 février 2022. Les termes de recherche complets sont disponibles sur demande. Les résultats ont été dépouillés pour trouver des articles clés pertinents pour les sujets traités dans la présente mise à jour.

Les principaux termes définis dans le présent document proviennent du glossaire terminologique de l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)³.

Principales questions liées à la ventilation et à la COVID-19

Filtration, ventilation et un système de CVC

La filtration et la ventilation sont les composantes importantes d'une stratégie visant à améliorer la qualité de l'air à l'intérieur par l'évacuation ou la captation des gaz, des vapeurs et des particules aériennes ou aérosols contenant le virus⁴. L'enlèvement en dilue la concentration dans l'air intérieur et peut réduire l'exposition des occupants. Les termes clés sont décrits ci-dessous.

La **filtration mécanique** consiste à utiliser différents matériaux fibreux conçus pour enlever les particules des courants d'air. Une partie des particules qui se trouvent dans l'air sont captées par la matière fibreuse du filtre et sont ainsi enlevées de l'air. L'efficacité du filtre pour retirer les particules de l'air, le débit d'air traversant le filtre, l'emplacement du filtre et la taille des particules filtrées par le système sont autant de facteurs qui contribuent à réduire les concentrations de particules dans l'air à l'intérieur d'un bâtiment⁵.

Par **ventilation**, on entend l'apport/la distribution ou l'évacuation de l'air d'un espace par des moyens mécaniques ou naturels⁶. La ventilation peut avoir pour objet de contrôler le niveau de contaminants dans l'air, le taux d'humidité ou la température intérieure. On peut ventiler un espace par des moyens naturels (p. ex. ouvrir les fenêtres ou les portes) ou par infiltration passive (p. ex. les courants d'air provenant de fissures non scellées autour des fenêtres et des murs)³. La ventilation mécanique est le processus actif consistant à fournir un apport en air à l'intérieur d'un espace ou à évacuer l'air au moyen d'un équipement à moteur, comme un ventilateur ou un souffleur³. Les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC), les ventilateurs d'extraction localisés (p. ex. des salles de bain et les hottes de cuisine) en sont des exemples. Le présent document met l'accent sur la ventilation d'immeubles dans une collectivité. Il ne porte pas sur les systèmes de ventilation par aspiration à la source utilisés dans certains lieux de travail ou complexes industriels afin de contrôler les contaminants atmosphériques à leur source ou à proximité de leur source⁷.

Par **système de CVC**, on entend l'équipement, les systèmes de distribution et les terminaux qui fournissent, soit collectivement ou individuellement, le chauffage, la ventilation ou la climatisation à un immeuble ou à une partie d'immeuble³. À noter que la plupart des systèmes de CVC intègrent également l'utilisation d'air recyclé filtré et d'air pris à l'extérieur, comme le font les lignes directrices et les normes liées à ces systèmes.

Les milieux intérieurs et les risques de transmission de la COVID-19

Les milieux intérieurs présentent un risque élevé d'infection par le SRAS-CoV-2. Une ventilation inadéquate ou insuffisante a souvent été signalée comme un facteur de risque dans les enquêtes sur les éclosions.

Les éclosions et les grappes de COVID-19 sont courantes dans les espaces intérieurs, tant dans les maisons et les milieux de transport que dans les milieux de rassemblement comme les milieux de culte, de services aux aînés, de repas et de bureaux⁸⁻¹¹. Diverses études et analyses mentionnent les espaces

mal ventilés et la forte densité d'occupation comme facteurs possibles de transmission par inhalation d'aérosols infectieux^{8,12-15}. Peu de grappes sont signalées dans les milieux exclusivement extérieurs où la ventilation n'est pas un problème⁹. Des études expérimentales et de modélisation montrent la présence d'aérosols respiratoires et la dispersion de gouttelettes dans l'air lorsque l'on respire et que l'on parle, et indiquent la plausibilité d'une transmission par inhalation du virus¹⁶⁻¹⁹. Il existe également des études environnementales à partir d'échantillons qui démontrent la présence de matériel génétique viral (acide ribonucléique ou ARN) dans l'air et sur les surfaces dans des endroits qui ont été fréquentés par des personnes atteintes de la COVID-19²⁰⁻²³, et notamment dans les systèmes de CVC²⁴. Ces études donnent à penser que le virus inhalé est une voie de transmission probable dans certaines éclosions, principalement dans une même pièce ou un même espace¹².

Les enquêtes sur les éclosions dans un restaurant^{25,26} et un court de squash couvert²⁷ ont révélé une ventilation inadéquate ou inappropriée. On soupçonne qu'un temps d'exposition prolongé, soit à la personne infectée, soit à l'espace aérien où une personne infectée était présente, a joué un rôle. D'autres rapports d'éclosions dans des cours de danse aérobique²⁷, un centre d'appels²⁸, des chorales³² et des matchs de hockey récréatif²⁹, ainsi que des rapports non évalués par des pairs d'éclosions dans des milieux d'exercice intense^{30,31} sont des exemples où une ventilation inadéquate peut avoir contribué à la transmission. Toutefois, ces rapports ne fournissent pas de renseignements précis sur la ventilation, et la transmission par contact étroit et fomites était également plausible.

Dans l'ensemble, les données probantes indiquent qu'une ventilation inadéquate, des activités qui génèrent une quantité élevée d'aérosols, une distanciation physique insuffisante ou un espace bondé, et une exposition prolongée sont autant de facteurs qui accroissent les risques de transmission par aérosols³². La ventilation réduit ces risques en éliminant ou en diluant les particules chargées de virus dans l'air intérieur au fil du temps, mais elle n'élimine pas le risque de transmission du SRAS-CoV-2 lors d'expositions par contact étroit.

Stratégies de ventilation naturelle

Les stratégies de ventilation naturelle peuvent améliorer la qualité de l'air intérieur. Leur efficacité dépend des conditions extérieures et peut ne pas être réalisable dans certaines situations. L'établissement d'une brise transversale par l'ouverture d'une porte opposée ou d'une fenêtre supplémentaire améliorera la circulation de l'air.

La ventilation naturelle fait référence au passage de l'air par les ouvertures (p. ex. les fenêtres, les portes) et par infiltration passive⁵. Ouvrir les fenêtres est une solution simple pour améliorer immédiatement la qualité de l'air³³. Cependant, le degré d'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur grâce à la ventilation naturelle peut varier de manière importante, les avantages de la ventilation naturelle dépendant des conditions extérieures (telles que le vent et les différences de température ainsi que la position des fenêtres³⁴). Cela peut également avoir un effet sur le confort si les températures extérieures sont chaudes, froides ou humides.

Il a été démontré que l'établissement d'une ventilation transversale par deux ou plusieurs ouvertures sur des murs opposés ou adjacents améliore les débits d'air. Une étude menée dans une école pendant l'été montre les avantages de la ventilation transversale par rapport à un seul côté de fenêtres, avec des débits d'air variables selon le côté du bâtiment³⁴. Dans ce contexte, lorsque la ventilation transversale n'était pas réalisée, que ce soit en ouvrant uniquement les fenêtres ou uniquement la porte, les

particules intérieures semblaient être recyclées dans la pièce et n'offraient donc pas une meilleure qualité d'air que le système de ventilation existant.

Pertinence de la circulation d'air (p. ex. les courants d'air provenant des climatiseurs et des ventilateurs des pièces et les différences de pression entre les pièces)

Les courants d'air, comme ceux provenant d'un ventilateur ou d'un climatiseur, d'une personne infectée à d'autres personnes situées à proximité peuvent être un facteur important de transmission. En évitant les courants d'air directionnels autour des zones respiratoires des personnes, on réduit la propagation des gouttelettes respiratoires d'une personne à une autre. Plutôt que de faire circuler l'air au niveau de la tête, on pourrait diriger l'air vers le haut ou encore l'évacuer de la pièce par une fenêtre ouverte et laisser entrer l'air frais par d'autres fenêtres ouvertes. Les différences de pression peuvent être importantes pour contrôler la circulation d'air entre les différentes zones d'un bâtiment.

La ventilation et la circulation d'air dans les immeubles sont des facteurs associés à la transmission de diverses maladies infectieuses, notamment la tuberculose, l'influenza et le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS)²⁶. Les courants d'air créés par les ventilateurs ou les systèmes de conditionnement d'air peuvent avoir un effet sur la dispersion dans l'air des gouttelettes respiratoires.

Dans un cas d'éclosion de COVID-19, on a rapporté une transmission entre familles à trois tables dans un restaurant densément occupé. On a laissé entendre qu'un climatiseur mural sans prise d'air frais générant des courants d'air qui transportaient les particules respiratoires d'un client infecté pouvait être une voie de transmission probable^{25,26}. Kwon et coll. ont également fait état d'une transmission de COVID-19 dans un restaurant probablement attribuable aux courants d'air produits par des climatiseurs au plafond, les clients du restaurant se trouvant à plus de deux mètres de distance les uns des autres devenant infectés après de courtes périodes d'exposition dans le sens du vent à une personne infectée¹⁵. Deux autres clients situés plus près du cas index pendant une durée plus longue mais pas dans la trajectoire du débit d'air provenant directement du cas index, et trois autres personnes attablées avec les deux cas secondaires mais tournant le dos au cas index n'ont pas été infectés. On a fait remarquer que le restaurant était situé au rez-de-chaussée d'un immeuble sans fenêtres ni système de ventilation, de sorte que la recirculation de l'air était probable¹⁵.

Éviter un fort débit d'air d'une personne à une autre pourrait aider à prévenir ces situations. Les centres pour le contrôle et la prévention des maladies (CDC) des États-Unis estiment qu'il faut éviter de diriger l'air contaminé d'une personne vers une autre et proposent de placer un ventilateur à la fenêtre pour évacuer l'air d'une pièce et d'ouvrir d'autres fenêtres pour laisser entrer l'air frais de l'extérieur³⁵.

Lorsque l'on utilise des ventilateurs et des climatiseurs, il convient de suivre les instructions du fabricant concernant leur nettoyage, leur désinfection et leur entretien régulier. Ces appareils sont conçus pour le contrôle de la température et ne fournissent généralement pas de ventilation ou de filtration.

On trouvera des directives plus détaillées sur l'emplacement, l'utilisation et l'entretien des ventilateurs et des [climatiseurs](#) dans le rapport de Santé publique Ontario intitulé [Ventilateurs et climatiseurs portatifs dans les foyers de soins de longue durée et les maisons de retraite pendant la](#)

[COVID-19](#)³⁶. Les purificateurs d'air portatifs comme source potentielle de courants forts sont également abordés dans le document de Santé publique Ontario intitulé [FAQ sur les dispositifs portatifs de filtration d'air](#)³⁷.

Différences de pression

Les différences de pression influent sur la circulation d'air dans un milieu intérieur et sont habituellement prises en compte lors de la conception du système de CVC. L'apport d'air supplémentaire dans une pièce sans l'évacuer donnera lieu à des pièces sous pression positive d'où l'air s'échappera. L'évacuation d'air d'un espace sans apport d'air supplémentaire donnera lieu à des pièces sous pression négative vers lesquelles l'air sera aspiré. Ces différences de pression sont utilisées intentionnellement dans la conception des systèmes de CVC pour influencer la circulation d'air à l'intérieur. Par exemple, les normes de l'Association canadienne de normalisation (CSA) pour les établissements de santé précisent si une pièce particulière devrait être sous pression négative ou positive, selon l'utilisation prévue de la pièce et la question de savoir si l'air s'échappant de la pièce peut être considéré comme sûr³⁸. Une buanderie d'hôpital pour le linge sale doit être sous pression négative, afin que l'air contaminé ne s'échappe pas de la pièce. Il est recommandé que les buanderies pour le linge propre soient sous pression positive, afin que l'air provenant de l'extérieur de la pièce ne contamine pas le linge propre³⁸.

L'analyse des éclosions dans deux hôtels de quarantaine ont semblé indiquer que les différences de pression entre les chambres d'hôtel et les couloirs pourraient avoir permis la circulation d'air d'une chambre à l'autre par le couloir pendant l'ouverture simultanée des portes des chambres adjacentes³⁹⁻⁴¹. Lorsque les utilisations du bâtiment changent ou évoluent ou que de nouvelles rénovations ont lieu, cela peut influencer sur les mouvements d'air si ces différences de pression ne sont pas prises en compte. Un professionnel en CVC devrait être en mesure de décrire les différences de pression et la façon dont l'air devrait se déplacer dans un espace lorsque le système de CVC fonctionne comme prévu. Il pourrait également décrire comment l'évolution de l'utilisation ou des activités du bâtiment peut influencer sur la pression et le débit d'air dans un bâtiment donné.

Recirculation d'air à l'intérieur

Des études de cas révèlent que la recirculation d'air non filtré est une cause de transmission du SRAS-CoV-2 dans des milieux intérieurs où la ventilation est faible ou inadéquate. À ce jour, on n'a trouvé aucun rapport sur la propagation du SRAS-CoV-2 par des systèmes de CVC centralisés. En général, limiter la recirculation d'air non filtré ou mal filtré et faire entrer de l'air frais réduiraient la concentration de particules virales présentes dans l'air intérieur.

La recirculation dans le contexte des systèmes de CVC signifie habituellement que l'air intérieur est renvoyé et filtré dans le système central, puis redistribué dans l'immeuble. Un certain degré de recirculation dans les systèmes de CVC est souvent nécessaire pour maintenir l'humidité et la température visées et contrôler les coûts énergétiques. Limiter la recirculation de l'air intérieur non filtré ou mal filtré permettrait d'évacuer davantage de particules potentiellement infectieuses et d'apporter de l'air frais, réduisant ainsi le risque de transmission. Dans l'air recyclé, l'élimination des particules virales dépendra de l'efficacité du filtre utilisé dans un système de CVC.

Certains comptes rendus d'éclosions dans des restaurants et des transports en commun font état d'une absence de ventilation centrale et d'une recirculation de l'air par des appareils de chauffage ou de refroidissement sans filtration^{11,26}. Ces comptes rendus décrivent des situations de recirculation avec peu ou pas de ventilation avec de l'air extérieur et une dilution minimale, contrairement à la façon dont l'air serait recyclé (avec dilution et, normalement, avec filtration) dans les systèmes de CVC des immeubles.

Systèmes de CVC - mesures à prendre pour minimiser les risques liés aux aérosols infectieux

Un système de CVC qui fonctionne bien, ainsi qu'une ventilation par apport d'air de l'extérieur améliorée et/ou une filtration améliorée peuvent compléter les autres mesures sanitaires en éliminant le virus de l'air intérieur et en le diluant, réduisant ainsi l'exposition au SRAS-CoV-2.

Les stratégies d'amélioration de la qualité de l'air peuvent réduire la concentration de particules virales dans l'air. Ainsi, la plupart des directives encouragent la ventilation avec de l'air extérieur (c.-à-d. en évitant la recirculation) dans la mesure du possible, en veillant à la propreté des filtres^{8,13,14,42-44}. Il est préférable de confier l'évaluation et les ajustements d'un système de CVC à un professionnel, car il existe habituellement des facteurs propres au bâtiment à prendre en considération. L'atténuation de la COVID-19 dépend d'une combinaison d'interventions qui varient en fonction de leur efficacité et de leur facilité de mise en œuvre. L'essentiel est de toujours appliquer le plus grand nombre de mesures de protection, de la manière la plus cohérente possible.

Réduire l'occupation

L'exposition au virus peut être réduite en limitant l'occupation dans un lieu donné, notamment lorsqu'il n'est pas possible d'accroître la ventilation avec apport d'air de l'extérieur⁴⁵. Éviter les espaces clos et les contacts étroits et ne pas se placer directement dans le flux d'air provenant d'une autre personne (p. ex. l'air poussé par un ventilateur) sont d'autres mesures pour réduire l'exposition au virus^{8,12,14,46}.

Accroître la ventilation avec l'apport d'air de l'extérieur (minimiser la recirculation d'air)

Dans le cas de systèmes centraux de traitement d'air desservant un immeuble complet ou plusieurs secteurs de l'immeuble, idéalement on doit limiter la recirculation d'air, p. ex. utiliser l'apport d'air extérieur le plus élevé possible. L'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) a des lignes directrices relatives à la COVID-19. Un technicien en CVC saura les appliquer en fonction des caractéristiques propres à un immeuble donné⁴⁷. Certains systèmes de CVC ne permettent pas de modifier les fractions d'air provenant de l'extérieur. Dans ce cas, l'ouverture de fenêtres pour un apport d'air de l'extérieur peut s'avérer une bonne solution, même si la circulation d'air sera variable (p. ex. s'il n'y a pas de brise ou de différences de température)^{14,43,46}. On peut améliorer la ventilation au moyen de fenêtres ouvertes en plaçant à une fenêtre un ventilateur faisant face à l'extérieur pour évacuer l'air et en ouvrant d'autres fenêtres pour faire entrer l'air de l'extérieur³⁵.

Accroître l'efficacité des filtres

La filtration permet d'enlever le virus et d'autres aérosols et particules de l'air à l'intérieur d'un immeuble. Les filtres doivent être bien entretenus et, pour une plus grande efficacité, dans les systèmes

qui le permettent, on peut utiliser des filtres de qualité supérieure^{8,14,42,43,46}. L'efficacité d'un filtre est définie en vertu d'une échelle (MERV) variant de 1 à 16 (16 correspondant au degré le plus élevé d'efficacité). Cette valeur mesure la fraction des particules enlevées de l'air traversant le filtre dans des conditions de test normales⁴⁷. L'ASHRAE, dans ses lignes directrices sur la COVID-19, suggère d'utiliser des filtres MERV 13 ou plus en raison de leur capacité à éliminer des particules de la taille du virus (<1 µm)⁴⁷. Il n'est pas conseillé d'utiliser des filtres d'une plus grande efficacité, car dans certains appareils CVC, ces filtres pourraient créer une résistance supérieure aux spécifications du fabricant. Dans ces cas, l'amélioration des filtres MERV à un niveau aussi élevé que celui qui est toléré par le système améliorera encore l'élimination des particules plus petites. Par exemple, le passage d'un filtre MERV 8 (20 % d'efficacité pour filtrer des particules de 1 à 3 microns) à un filtre MERV 11 (65 % d'efficacité pour filtrer des particules de 1 à 3 microns) peut améliorer considérablement l'élimination des particules⁴⁷. Lorsque des systèmes de CVC centraux ne sont pas disponibles ou ne sont pas en mesure de fournir une ventilation ou une filtration suffisante avec apport d'air extérieur et qu'un espace est mal ventilé, et lorsque d'autres améliorations ne sont pas réalisables, des dispositifs portatifs de filtration d'air peuvent être envisagés pour aider à contrôler les concentrations de particules dans l'air (consulter le document [FAQ sur les dispositifs portatifs de filtration d'air](#) de SPO pour de plus amples renseignements)³⁷.

L'humidité a des conséquences incertaines

Il semblerait qu'une faible humidité relative favorise la survie du SRAS-CoV-2 sur les fomites (vecteurs passifs)⁴⁸. À mesure que l'humidité relative augmente, les gouttelettes respiratoires émises tombent également plus rapidement de l'air sur les surfaces, réduisant ainsi le nombre disponible pour se convertir en aérosols⁴⁹. Divers organismes⁵⁰⁻⁵² ont recommandé à titre préventif de maintenir le niveau d'humidité relative de 40 % à 60 %, mais il manque de données probantes entourant l'efficacité d'un niveau donné d'humidité relative pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2. D'autant plus que maintenir un niveau d'humidité relative élevé peut favoriser la condensation et l'accumulation de moisissures durant l'hiver, ce qui risque de contribuer à une mauvaise qualité d'air à l'intérieur et d'entraîner des problèmes de santé⁵³.

Renouvellement d'air et débit d'air propre

Généralement, plus on renouvelle l'air fréquemment avec une combinaison d'air de l'extérieur et d'air recyclé filtré, plus on améliore la ventilation. Les recommandations relatives au renouvellement d'air sont définies par diverses associations pour différents types d'immeubles et se fondent traditionnellement sur le confort plutôt que sur le contrôle des infections.

Il existe de nombreux paramètres dans le domaine de la ventilation pour quantifier le débit d'air propre dans une pièce. Dans la plupart des cas, le débit d'air propre dépend d'abord de la quantité d'air frais extérieur, mais l'air recyclé filtré peut également améliorer la qualité de l'air. L'air frais extérieur seul est souvent utilisé pour calculer les renouvellements d'air par heure, tandis que les calculs des renouvellements d'air par heure « réels » peuvent également inclure l'air recyclé filtré.

Renouvellements d'air par heure

Le taux de renouvellement d'air dans un espace donné correspond au volume d'air qui y entre ou en sort depuis n'importe quelle source ou sortie, par unité de temps, divisé par le volume de l'espace³. Les normes relatives aux taux de renouvellement d'air sont disponibles pour les systèmes de CVC dans des zones ou des secteurs particuliers au sein des établissements de santé dans CSA Z317.2:19)³⁸. Par

exemple, les salles d'examen/traitement des services d'urgence ont besoin de 9 renouvellements d'air par heure. Ces normes tiennent compte des risques d'infection par l'air ambiant³⁸. Le renouvellement d'air par heure est plus utile dans les petites pièces dont la hauteur de plafond est généralement inférieure à 12 pieds. Dans les pièces dont les plafonds sont plus hauts, comme les gymnases, les aérosols et les particules auront un espace plus grand pour se diluer. Dans ces cas, le débit volumétrique par surface ou par personne est une mesure plus appropriée de la ventilation adéquate⁵⁴.

En ce qui concerne les autres milieux intérieurs, la norme ASHRAE 62.1 fournit des taux de ventilation minimums, spécifiés comme des taux d'air extérieur. Ces taux sont ajustés pour les installations individuelles en fonction du contexte d'utilisation et de l'occupation. Les pièces individuelles peuvent être comparées à la norme soit en déterminant l'occupation de la pièce (L/s*personne), soit en utilisant la superficie de la pièce (L/s*m²). La qualité acceptable de l'air intérieur varie en fonction du type d'établissement (p. ex. établissements correctionnels, bureaux, établissements d'enseignement, hôtels, établissements de restauration), de l'occupation et de la superficie⁵⁵. L'ASHRAE définit comme acceptable la qualité de l'air intérieur lorsque « l'air, selon les autorités compétentes, ne contient pas de concentrations nocives de contaminants et que la plupart des occupants de la pièce (80 % ou plus) ne se plaignent pas de sa qualité »³. Bien que les taux de ventilation avec apport d'air extérieur n'aient pas pour fonction précise de contrer la transmission par voie aérienne des virus, des bactéries ou d'autres agents infectieux, des taux de renouvellement d'air plus élevés se traduisent logiquement par un risque moindre grâce à des concentrations et une exposition réduites.

L'ASHRAE fournit d'autres directives relatives aux systèmes de CVC et à la pandémie de COVID-19 à appliquer avec le soutien de professionnels qui sauront évaluer les immeubles et déterminer les mesures faisables les plus appropriées⁵⁶. Des professionnels peuvent également évaluer les taux de ventilation avec apport d'air de l'extérieur fournis par un système de CVC mécanique pour un immeuble et les différents espaces en son sein⁵⁷. Les directives de la CSA pour les milieux de travail dans le contexte de la pandémie réitèrent la nécessité de modifier les taux de renouvellement d'air en fonction de chaque immeuble. On insiste sur la nécessité de vérifier minutieusement le système de ventilation, car les ajustements apportés peuvent entraîner des problèmes de confort chez les occupants (température et humidité) et avoir des effets non souhaités sur le plan de la circulation d'air⁵⁸.

Taux de débit d'air propre et renouvellements d'air réels

Le taux de débit d'air propre (CADR) est un terme utilisé pour décrire la quantité d'air propre renouvelée dans un espace, déterminée par l'efficacité de la filtration et la quantité d'air passant à travers ce filtre. Bien qu'il soit le plus souvent utilisé pour décrire l'efficacité des purificateurs d'air portables, le CADR est également utile d'un point de vue conceptuel pour décrire comment l'air passant à travers un filtre MERV ou un filtre à particules à haute efficacité (HEPA) dans un système central devrait avoir réduit les particules virales. Un taux de débit d'air propre peut également être calculé pour l'air recyclé d'un système de CVC afin de tenir compte de l'élimination des aérosols et des particules virales⁵⁴.

Les recommandations de renouvellement d'air supposent souvent l'utilisation de l'air frais extérieur dans les calculs de renouvellement d'air. Étant donné que les filtres peuvent éliminer les particules virales, le « renouvellement d'air par heure réel » est une mesure qui tient compte à la fois de l'air frais extérieur et de l'air recyclé filtré⁵⁴. Si l'on utilise un calcul du renouvellement d'air par heure réel pour faire des évaluations propres à une pièce, il est habituellement suggéré de s'efforcer d'atteindre un taux précis de renouvellement d'air réel (p. ex. 4-6 RAH réels) en utilisant une combinaison des éléments suivants : ventilation avec apport d'air extérieur; air recyclé qui passe à travers un filtre ayant une valeur MERV aussi élevée que possible, en tenant compte de l'efficacité du filtre; ou passage de l'air dans des

purificateurs d'air portables dotés de filtres HEPA⁵⁴. Cette mesure du renouvellement d'air réel pourrait être utilisée dans les situations où plusieurs pièces sont évaluées dans un immeuble, afin de comparer le degré de ventilation d'un espace par rapport à un autre et de cibler les améliorations à apporter à la ventilation au besoin.

Le dioxyde de carbone (CO₂) à l'intérieur d'un immeuble comme indicateur de la ventilation

Les niveaux de CO₂ dans l'air intérieur obtenus par des relevés moyens ponctuels dans le cadre d'une évaluation par un professionnel peuvent être un indicateur de la ventilation. Des niveaux élevés de CO₂ peuvent témoigner d'un faible apport d'air extérieur, mais le CO₂ n'est pas un indicateur direct d'un risque de transmission du SRAS-CoV-2. Si l'on envisage d'installer des capteurs de CO₂ et d'en confier la lecture à des personnes qui n'ont pas d'expérience à cet égard, les conseils sur l'interprétation des niveaux et les actions correspondantes devraient être clairs.

Le CO₂ est expiré par les personnes et peut s'accumuler dans les espaces intérieurs par rapport au CO₂ au niveau du sol normal à l'extérieur⁵⁹. En ventilant les pièces avec l'apport d'air de l'extérieur, on peut réduire les niveaux de CO₂ à l'intérieur; on expulse ainsi l'air de la pièce ou bien on dilue les particules, de hauts niveaux de CO₂ indiquant potentiellement des espaces mal ventilés. Il existe divers moyens de mesurer et d'analyser les niveaux de CO₂, mais généralement on procède à des relevés moyens ponctuels pour déterminer l'effet de la ventilation sur les niveaux de CO₂. On effectue également des relevés dans les aires occupées d'une pièce en plaçant les capteurs de CO₂ loin des fenêtres, des portes et des grilles de ventilation⁵¹. On peut procéder à des relevés de suivi après avoir amélioré la ventilation afin de vérifier l'efficacité des modifications apportées. La précision des capteurs de CO₂ utilisés, leur positionnement et la pièce où ils sont placés (p. ex. un grand espace) et les activités des occupants sont tous des facteurs à considérer dans l'analyse des données. De plus, les instructions du fabricant pour la calibration des capteurs de CO₂ devraient être suivies.

La surveillance du CO₂ comme indicateur du risque de transmission présente des limites, car elle ne tient pas compte de la filtration ou des activités qui se déroulent dans un espace intérieur. Par exemple, les niveaux de CO₂ ne sont pas influencés par les mesures d'atténuation telles que le port du masque, l'utilisation de filtres de systèmes de CVC ou l'isolement d'une personne hautement infectieuse, alors que les appareils de combustion et les animaux domestiques augmentent le CO₂^{59,60}. Pour cette raison, plutôt que d'être utilisées comme une mesure directe du risque de transmission, de nombreuses directives suggèrent l'utilisation du CO₂ comme un outil pour prioriser les améliorations de la ventilation ou d'autres stratégies d'atténuation⁵¹. Le Scientific Advisory Group for Emergencies Environmental Modelling Group (SAGE-EMG) du Royaume-Uni et l'ASHRAE (pour les écoles et les universités) ont proposé des lignes directrices pour les niveaux de CO₂ à l'intérieur des immeubles afin de guider les ajustements à apporter à la ventilation^{51,56}.

Les lignes directrices européennes et allemandes ont proposé un indicateur des niveaux de CO₂ en continu, basé sur des feux de signalisation, à utiliser par les occupants des pièces^{43,51,60}. Bien que ces seuils aient pour objet de sensibiliser les occupants de la pièce à la qualité de l'air⁶⁰, les limites mentionnées ci-dessus devraient être prises en compte pour la surveillance du CO₂ en continu. D'autres questions surgissent également : quelles sont les mesures à prendre en fonction de ces niveaux, quand faut-il les prendre et quels sont les recours possibles si l'effet souhaité n'est pas atteint? L'examen du

National Collaborating Centre on Environmental Health offre un résumé utile sur la surveillance du CO₂⁶⁰.

Systèmes de CVC fonctionnant en mode d'occupation partielle ou limitée

Généralement, la plupart des documents d'orientation relatifs aux systèmes de CVC recommandent de ne pas désactiver complètement le système, même lorsque l'immeuble est fermé. Et pendant les activités normales, il est recommandé de faire fonctionner le système plus longtemps que d'habitude et de maintenir l'apport d'air de l'extérieur même lorsqu'il y a moins d'occupants que la capacité habituelle.

L'ASHRAE recommande de faire fonctionner le système de CVC en mode occupé lorsque des personnes sont présentes dans l'immeuble, y compris pendant les périodes d'occupation réduite^{61,62}. L'ASHRAE recommande également de continuer de faire fonctionner le système de CVC en mode occupé pendant un certain moment avant et après l'occupation et fournit des [directives plus détaillées sur la détermination de la durée](#) (en anglais seulement). L'ASHRAE et la Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA) recommandent de maintenir les réglages normaux de température et d'humidité (voir la section précédente pour les considérations relatives à l'humidité)^{43,62}.

Durant les activités habituelles, de la même façon, la REHVA recommande d'augmenter l'apport en air extérieur et la ventilation par évacuation, de démarrer la ventilation au moins deux heures avant l'occupation de l'immeuble et enfin, de poursuivre la ventilation pendant deux heures au moins après le départ de occupants⁴³. Elle recommande aussi de réduire la ventilation ou de la désactiver lorsque l'immeuble est vide, sauf durant la période de deux heures avant et après l'occupation⁴³.

Inspection ou entretien

Les inspections et l'entretien réguliers du système sont nécessaires pour tous les systèmes de gestion d'air.

Il est essentiel de suivre les instructions relatives à l'inspection et à l'entretien des systèmes de traitement de l'air (y compris l'inspection et le remplacement des filtres s'il y a lieu)^{8,63}. L'ajustement de la ventilation (p. ex., augmentation de l'apport en air de l'extérieur) peut exiger un plus grand nombre d'inspections et des changements de filtres plus fréquents⁸. Les systèmes d'humidification devraient être inspectés afin d'assurer qu'ils sont bien nettoyés et entretenus et en bon état de fonctionnement⁶³. Comme les systèmes de ventilation sont complexes et que les modifications apportées ont parfois des effets non voulus, les changements devraient être faits en consultation avec un spécialiste en CVC afin de vérifier les paramètres recherchés et d'appliquer les procédures d'entretien appropriées.

Une norme fixée conjointement par l'American National Standards Institute (ANSI), l'ASHRAE et l'Air Conditioning Contractors of America (ACCA) porte sur l'inspection et l'entretien des systèmes de CVC. La norme ANSI/ASHRAE/ACCA 180-2018 (Standard Practice for Inspection and Maintenance of Commercial Building HVAC Systems) décrit les procédures et fixe les exigences minimales d'inspection et d'entretien en CVC requises pour permettre à un système de produire un confort thermique et de maintenir une

efficacité énergétique et une qualité de l'air à l'intérieur acceptable dans les immeubles commerciaux⁶⁴. Les gestionnaires d'immeubles peuvent s'appuyer sur ces directives pour optimiser le fonctionnement des systèmes de CVC en temps normal même s'il n'y a pas de pandémie.

Certains immeubles utilisent parfois des ventilateurs-récupérateurs d'énergie (VRE). Ce sont des systèmes de CVC qui transfèrent l'énergie (chaleur en hiver et froid en été) de l'air intérieur évacué à l'air extérieur aspiré afin de réduire les coûts d'énergie pour chauffer ou refroidir l'air extérieur utilisé pour la ventilation. Les VRE doivent être inspectés et entretenus selon les règles. Les différences de pression et les limites de conception de certains types de VRE (ceux dont les débits d'air évacué et d'air soufflé sont situés dans la même enceinte) peuvent entraîner un mélange, appelé transfert d'air vicié. Il existe des vérifications du système, des techniques d'entretien et des modifications qui peuvent évaluer et réduire le transfert d'air vicié si nécessaire. L'ASHRAE fournit des directives détaillées sur le fonctionnement des VRE pendant les épidémies^{65,66}.

Bibliographie

1. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2022 [cité le 18 août 2022]. Source : https://www.publichealthontario.ca/-/media/Documents/nCoV/phm/2022/01/covid-19-respiratory-transmission-range.pdf?sc_lang=fr
2. Ressources naturelles Canada. CVC et systèmes énergétiques [Internet]. Ottawa, Ont. : gouvernement du Canada; 2020 [modifié le 3 mars 2022; cité le 10 mai 2022]. Source : <https://www.rncan.gc.ca/energie/efficacite/donnees-recherche-et-connaissance-sur-lefficacite-energetique/innovation-du-secteur-residentiel/cvc-et-systemes-energetiques/3938>
3. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE terminology: a comprehensive glossary of terms for the built environment [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2021 [cité le 22 janv. 2021]. Source : <https://xp20.ashrae.org/terminology/>
4. Sears M. Addressing COVID-19 in buildings: module 15 [Internet]. Toronto, Ont. : Canadian Committee on Indoor Air Quality (CCIAQ); 2020 [cité le 3 févr. 2022]. Source : <https://iaqresource.ca/wp-content/uploads/2020/09/CCIAQB-Module15-Eng.pdf>
5. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE position document on filtration and air cleaning [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2015 [cité le 18 août 2022]. Source : <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/filtration-and-air-cleaning-pd-feb.2.2021.pdf>
6. Qian H., Zheng X. Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings. J Thorac Dis. Juil. 2018; vol. 10, suppl. 19, S2295-304. Source : <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.01.24>
7. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST). Fiches d'information Réponses SST : Ventilation industrielle [Internet]. Hamilton, Ont. : CCHST; 2016 [cité le 22 janv. 2021]. Source : <https://www.cchst.ca/oshanswers/prevention/ventilation/index.html>
8. Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Transmission du SRAS-CoV-2 : constats et proposition de terminologie [Internet]. Québec, Qc : gouvernement du Québec; 2021 [cité le 7 févr. 2021]. Source : <https://inspq.qc.ca/publications/3099-transmission-sras-cov-2-constats-terminologie-covid19>
9. Leclerc Q.J., Fuller N.M., Knight L.E., CMMID COVID-19 Working Group, Funk S, Knight GM. What settings have been linked to SARS-CoV-2 transmission clusters? Wellcome Open Res. 2020; vol. 5, 83. Source : <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.15889.2>
10. Noorimotlagh Z., Jaafarzadeh N., Martínez S.S., Mirzaee S.A. A systematic review of possible airborne transmission of the COVID-19 virus (SARS-CoV-2) in the indoor air environment. Environ Res. 2021; vol. 193, 110612. Source : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110612>

11. Shen Y., Li C., Dong H., Wang Z., Martinez L., Sun Z., et coll. Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China. *JAMA Intern Med.* 2020; vol. 180, n° 12, p. 1665-71. Source : <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>
12. Organisation mondiale de la Santé (OMS). Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions: scientific brief [Internet]. Genève : OMS; 2020 [cité le 12 août 2020]. Source : <https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
13. Morawska L., Tang J.W., Bahnfleth W., Bluyssen P.M., Boerstra A., Buonanno G., et coll. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int.* 2020; vol. 142, 105832. Source : <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
14. Dietz L., Horve P.F., Coil D.A., Fretz M., Eisen J.A., Van Den Wymelenberg K. 2019 Novel coronavirus (COVID-19) pandemic: built environment considerations to reduce transmission. *mSystems.* 2020; vol. 5, n° 2, p. e00245-20. Source : <https://doi.org/10.1128/mSystems.00245-20>
15. Kwon K.-S., Park J.-I., Park Y.J., Jung D.-M., Ryu K.-W., Lee J.-H. Evidence of long-distance droplet transmission of SARS-CoV-2 by direct air flow in a restaurant in Korea. *J Korean Med Sci.* 2020; vol. 35, n° 46, p. e415. Source : <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e415>
16. Somsen G.A., van Rijn C., Kooij S., Bem R.A., Bonn D. Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission. *Lancet Respir Med.* 2020; vol. 8, n° 7, p. 658-9. Source : [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30245-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30245-9)
17. Vuorinen V., Aarnio M., Alava M., Alopaeus V., Atanasova N., Auvinen M., et coll. Modelling aerosol transport and virus exposure with numerical simulations in relation to SARS-CoV-2 transmission by inhalation indoors. *Saf Sci.* 2020; vol. 130, 104866. Source : <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104866>
18. Stadnytskyi V., Bax C.E., Bax A., Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2020; vol. 117, n° 22, p. 11875-7. Source : <https://doi.org/10.1073/pnas.2006874117>
19. Lin G., Zhang S., Zhong Y., Zhang L., Ai S., Li K., et coll. Community evidence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) transmission through air. *Atmos Environ.* 2021; vol. 246, 118083. Source : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118083>
20. Santarpia J.L., Rivera D.N., Herrera V.L., Morwitzer M.J., Creager H.M., Santarpia G.W., et coll. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. *Sci Rep.* 2020; vol. 10, n° 1, p. 12732. Source : <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69286-3>
21. Liu Y., Ning Z., Chen Y., Guo M., Liu Y., Gali N.K., et coll. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature.* 2020; vol. 582, n° 7813, p. 557-60. Source : <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>
22. Guo Z.-D., Wang Z.-Y., Zhang S.-F., Li X., Li L., Li C., et coll. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2020; vol. 26, n° 7, p. 1583-91. Source : <https://doi.org/10.3201/eid2607.200885>

23. Lednicky J.A., Lauzardo M., Fan Z.H., Jutla A., Tilly T.B., Gangwar M., et coll. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *Int J Infect Dis.* 2020; vol. 100, p. 476-82. Source : <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.09.025>
24. Horve P.F., Dietz L., Fretz M., Constant D.A., Wilkes A., Townes J.M., et coll. Identification of SARS-CoV-2 RNA in healthcare heating, ventilation, and air conditioning units. *Indoor Air.* 2021; vol. 31, n° 6, p. 1826-32. Source : <https://doi.org/10.1111/ina.12898>
25. Lu J., Gu J., Li K., Xu C., Su W., Lai Z., et coll. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2020; vol. 26, n° 7, p. 1628-31. Source : <https://doi.org/10.3201/eid2607.200764>
26. Li Y., Qian H., Hang J., Chen X., Cheng P., Ling H., et coll. Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *Build Environ.* 2021; vol. 196, 107788. Source : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107788>
27. Jang S., Han S.H., Rhee J.-Y. Cluster of coronavirus disease associated with fitness dance classes, South Korea. *Emerg Infect Dis.* 2020; vol. 26, n° 8, p. 1917-20. Source : <https://doi.org/10.3201/eid2608.200633>
28. Park S.Y., Kim Y.-M., Yi S., Lee S., Na B.-J., Kim C.B., et coll. Coronavirus disease outbreak in call center, South Korea. *Emerg Infect Dis.* 2020; vol. 26, n° 8, p. 1666-70. Source : <https://doi.org/10.3201/eid2608.201274>
29. Atrubin D., Wiese M., Bohinc B. An outbreak of COVID-19 associated with a recreational hockey game — Florida, June 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020; vol. 69, n° 41, p. 1492-3. Source : <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6941a4>
30. Taekema D. COVID-19 outbreak, which infected 85 people, is now over. *CBC News [Internet]*, 27 oct. 2020 [cité le 25 janv. 2021]. Source : <https://cbc.ca/news/canada/hamilton/spinco-outbreak-over-1.5779034>
31. McKenna T., Shtptintsen A. Why playing arena hockey can be risky during the pandemic. *CBC News [Internet]*, 16 janv. 2021 [cité le 25 janv. 2021]. Source : <https://cbc.ca/news/canada/hockey-covid-arena-air-quality-1.5871960>
32. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Ce que nous savons jusqu'à présent sur les autres voies de transmission de la COVID-19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 3 févr. 2022]. Source : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwksf/2020/12/routes-transmission-covid-19.pdf?la=fr>
33. Gouvernement du Canada. COVID-19 : Guide de ventilation des espaces intérieurs pendant la pandémie [Internet]. Ottawa, Ont. : gouvernement du Canada; janv. 2021 [cité le 4 févr. 2022]. Source : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/document-orientation/guide-ventilation-espaces-interieurs-pandemie-covid-19.html>

34. Park S., Choi Y., Song D., Kim E.K. Natural ventilation strategy and related issues to prevent coronavirus disease 2019 (COVID-19) airborne transmission in a school building. *Sci Total Environ.* 2021; vol. 789, 147764. Source : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147764>
35. Centers for Disease Control and Prevention. COVID-19: improving ventilation in your home [Internet]. Atlanta, GA : Centers for Disease Control and Prevention; 2021 [cité le 25 janv. 2021]. Source : <https://doi.org/cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/Improving-Ventilation-Home.html>
36. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Aperçu : Ventilateurs et climatiseurs portatifs dans les foyers de soins de longue durée et les maisons de retraite pendant la COVID-19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2020 [cité le 10 mars 2021]. Source : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/ltrh/2020/08/covid-19-fans-air-conditioning-ltrh.pdf?la=fr>
37. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Foire aux questions : L'utilisation de dispositifs portatifs de filtration d'air et la transmission de la COVID-19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2020 [cité le 10 mars 2021]. Source : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/ipac/2021/01/faq-covid-19-portable-air-cleaners.pdf?la=fr>
38. Groupe CSA. CSA Z317.2:19: Special requirements for heating, ventilation, and air-conditioning (HVAC) systems in health care facilities. Toronto, Ont. : Groupe CSA; 2020.
39. Fox-Lewis A., Williamson F., Harrower J., Ren X., Sonder G.J.B., McNeill A., et coll. Airborne transmission of SARS-CoV-2 Delta variant within tightly monitored isolation facility, New Zealand (Aotearoa). *Emerg Infect Dis.* 2022; vol. 28, n° 3, p. 501-9. Source : <https://doi.org/10.3201/eid2803.212318>
40. Gu H., Krishnan P., Ng D.Y.M., Chang L.D.J., Liu G.Y.Z., Cheng S.S.M., et coll. Probable transmission of SARS-CoV-2 Omicron variant in quarantine hotel, Hong Kong, China, November 2021. *Emerg Infect Dis.* 2022; vol. 28, n° 2, p. 460-2. Source : <https://doi.org/10.3201/eid2802.212422>
41. Wong S.-C., Au A.K.-W., Chen H., Yuen L.L.-H., Li X, Lung D.C., et coll. Transmission of Omicron (B.1.1.529) - SARS-CoV-2 variant of concern in a designated quarantine hotel for travelers: a challenge of elimination strategy of COVID-19. *Lancet Reg Health West Pac.* 2022; vol. 18, 100360. Source : <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2021.100360>
42. Shoen L.J. Guidance for building operations during the COVID-19 pandemic. *ASHRAE J.* 2020; vol. 62, n° 5, p. 72-4. Source : https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/ashrae%20journal/2020journaldocuments/72-74_ieq_schoen.pdf
43. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA). REHVA COVID-19 guidance document: how to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces [Internet]. Bruxelles : REHVA; 2020 [cité le 15 janv. 2021]. Rapport n°, version 4.0. Source :

https://rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4_09122020.pdf

44. Guo M., Xu P., Xiao T., He R., Dai M., Miller S.L. Review and comparison of HVAC operation guidelines in different countries during the COVID-19 pandemic. Build Environ. 2021; vol. 187, 107368. Source : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107368>
45. Centers for Disease Control and Prevention. COVID-19: ventilation in buildings [Internet]. Atlanta, GA : Centers for Disease Control and Prevention; 2021 [cité le 27 janv. 2021]. Source : <https://cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>
46. Morawska L., Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: the world should face the reality. Environ Int. 2020; vol. 139, 105730. Source : <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105730>
47. American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Filtration/disinfection [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2020 [cité le 26 janv. 2021]. Source : <https://ashrae.org/technical-resources/filtration-disinfection>
48. Biryukov J., Boydston J.A., Dunning R.A., Yeager J.J., Wood S., Reese A.L., et coll. Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARS-CoV-2 on surfaces. mSphere. 2020; vol. 5, n° 4, p. e00441-20. Source : <https://doi.org/10.1128/mSphere.00441-20>
49. Eykelbosh A. H Environnements très humides et risque de transmission de la COVID-19 [Internet]. Vancouver, C.B. : Centre de collaboration nationale en santé environnementale; 2020 [cité le 26 janv. 2021]. Source : <https://ccnse.ca/documents/field-inquiry/environnements-tres-humides-et-risque-de-transmission-de-la-covid-19>
50. European Centre for Disease Prevention and Control. Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19: first update [Internet]. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 2020 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/heating-ventilation-air-conditioning-systems-covid-19#:~:text=Heating%2C%20ventilation%20and%20air-conditioning%20systems%20in%20the%20context%20of%20COVID-19%3A%20first%20update%2C%2010%20November%202020>
51. UK Scientific Advisory Group for Emergencies. EMG: role of ventilation in controlling SARS-CoV-2 transmission, 30 September 2020 [Internet]. London, R.-U. : SAGE; 2020 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://gov.uk/government/publications/emg-role-of-ventilation-in-controlling-sars-cov-2-transmission-30-september-2020>
52. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE position document on infectious aerosols [Internet]. Atlanta, GA: ASHRAE; 2020 [cité le 18 août 2022]. Source : https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_infectiousaerosols_2020.pdf
53. Gouvernement du Canada. Moisissures [Internet]. Ottawa, Ont. : gouvernement du Canada; 2021 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/qualite-air/contaminants-air-interieur/reduisez-humidite-et-moisissures.html>

54. Allen J.G., Ibrahim A.M. Indoor air changes and potential implications for SARS-CoV-2 transmission. JAMA. 2021; vol. 325, n° 20, p. 2112. Source : <https://doi.org/10.1001/jama.2021.5053>
55. American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ASHRAE/ANSI standard 62.1-2019: ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, GA : ASHRAE/ANSI; 2019.
56. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Epidemic Task Force. Reopening of schools and universities [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2020 [cité le 26 janv. 2021]. Source : <https://ashrae.org/technical-resources/reopening-of-schools-and-universities>
57. TSI Incorporated. Percent outdoor air (%OA) calculation and its use [Internet]. Shoreview, MN: TSI Incorporated; 2013 [cité le 26 janv. 2021]. Source : [https://tsi.com/getmedia/5e5e04c6-f29d-4a92-80f6-2287f97c29db/Percent-Outdoor-Air-App-Note-\(TI-138\)-US](https://tsi.com/getmedia/5e5e04c6-f29d-4a92-80f6-2287f97c29db/Percent-Outdoor-Air-App-Note-(TI-138)-US)
58. Groupe CSA. Milieux de travail et COVID-19 : Éléments à prendre en compte en matière de santé et de sécurité au travail pour la réouverture et la poursuite des activités pendant la pandémie [Internet]. Toronto, Ont. : Groupe CSA; 2020 [cité le 18 août 2022]. Source : <https://www.csagroup.org/fr/article/research/workplaces-and-covid-19-occupational-health-and-safety-considerations-for-reopening-and-operating-during-the-pandemic/>
59. Santé Canada. Consultation : Projet de Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel pour le dioxyde de carbone [Internet]. Ottawa, Ont. : gouvernement du Canada; 2020 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/consultation-lignes-directrices-qualite-air-interieur-residentiel-dioxyde-carbone/document.html#a3.1>
60. Eykelbosh A. Des capteurs de CO2 peuvent-ils servir à évaluer les risques de transmission de la COVID-19? [Internet]. Vancouver, C.-B. : Centre de collaboration nationale en santé environnementale; 2021 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://ccnse.ca/content/blog/des-capteurs-de-co2-peuvent-ils-servir-evaluer-les-risques-de-transmission-de-la-covid>
61. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Guidance for re-opening buildings [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2020 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/guidance-for-re-opening-buildings.pdf>
62. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE); Epidemic Taskforce. Core recommendations for reducing airborne infectious aerosol exposure [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2020 [cité le 9 mars 2021]. Source : <https://ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/core-recommendations-for-reducing-airborne-infectious-aerosol-exposure.pdf>
63. Nembhard M.D., Burton D.J., Cohen J.M. Ventilation use in nonmedical settings during COVID-19: Cleaning protocol, maintenance, and recommendations. Toxicol Ind Health. 2020; vol. 36, n° 9, p. 644-53. Source : <https://doi.org/10.1177/0748233720967528>
64. American National Standards Institute (ANSI), American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Air Conditioning Contractors of America (ACCA). ANSI/ASHRAE/ACCA standard 180-2018 -- standard practice for inspection and maintenance of commercial building HVAC systems [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2018 [cité le 6 avr. 2020].

Source :

https://ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/previews_2016639_pre.pdf

65. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE); Epidemic Taskforce. Building readiness [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2021 [cité le 21 janv. 2022]. Source : <https://ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/ashrae-building-readiness.pdf>
66. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Practical guidance for epidemic operation of energy recovery ventilation systems [Internet]. Atlanta, GA : ASHRAE; 2020 [cité le 2 févr. 2021]. Source : <https://ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/practical-guidance-for-epidemic-operation-of-ervs.pdf>

Résumé des révisions

Date d'entrée en vigueur	Description du changement	Numéro de page
avril 2023	Par exemple, les salles d'examen/traitement des services d'urgence ont besoin de 9 renouvellements d'air Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) dans les immeubles et COVID-19 10 par heure.	8

Modèle proposé pour citer le document

Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) dans les immeubles et COVID-19. 2^e édition, 1^{re} révision. Toronto, Ont : Imprimeur de le Roi pour l'Ontario; 2023.

Historique de publication

Précédemment publié en tant que « FAQ » : 2020

Publié dans un « Pleins feux » : 2022

2^e édition : septembre 2022

1^{re} révision : avril 2023

Avis de non-responsabilité

Santé publique Ontario (SPO) a produit le présent document. SPO prodigue des conseils de nature scientifique et technique au gouvernement, aux agences de santé publique et aux fournisseurs de soins de santé de l'Ontario. Les travaux de SPO s'appuient sur les meilleures données probantes disponibles au moment de leur publication. L'application et l'utilisation du présent document relèvent de la responsabilité des utilisateurs. SPO n'assume aucune responsabilité relativement aux conséquences de l'application ou de l'utilisation du document par quiconque. Le présent document peut être reproduit sans permission à des fins non commerciales seulement, sous réserve d'une mention appropriée de Santé publique Ontario. Aucun changement ni aucune modification ne peuvent être apportés à ce document sans la permission écrite explicite de Santé publique Ontario.

Santé publique Ontario

Santé publique Ontario est un organisme du gouvernement de l'Ontario voué à la protection et à la promotion de la santé de l'ensemble de la population ontarienne, ainsi qu'à la réduction des iniquités en matière de santé. Santé publique Ontario met les meilleurs renseignements et connaissances scientifiques du monde entier à la portée des professionnels de la santé publique, des travailleurs de la santé de première ligne et des chercheurs.

Pour en savoir davantage sur SPO, veuillez consulter : santepubliqueontario.ca.

© Imprimeur de le Roi pour l'Ontario, 2023

Ontario 