



Document d'appui destiné au Comité consultatif sur la transmission de la COVID-19 en milieux scolaires et en milieux de soins et sur le rôle de la ventilation

Document d'appui destiné au Comité consultatif sur la transmission de la COVID-19 en milieux scolaires et en milieux de soins et sur le rôle de la ventilation

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

8 janvier 2021

AUTEUR

Groupe de travail sur la ventilation
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

RÉDACTEURS

Geneviève Anctil, conseillère en soins infirmiers
Direction des risques biologiques et de la santé au travail
Caroline Huot, médecin spécialiste
Jean-Marc Leclerc, conseiller scientifique
Stéphane Perron, médecin spécialiste
Patrick Poulin, conseiller scientifique spécialisé
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

RÉVISEURS

Caroline Duchaine, professeure
Université Laval
Caroline Lapointe, coordonnatrice des conseillers stratégiques en planification de projet
Société québécoise des infrastructures
Michel Legris, hygiéniste industriel retraité
Yves Longtin, médecin-conseil
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Ouest-de-l'île-de-Montréal

AVEC LA COLLABORATION DE

Stéphane Caron, médecin-conseil
Jasmin Villeneuve, médecin-conseil
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

MISE EN PAGE

Katia Raby, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 2021
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-88333-3 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2021)

Avis au lecteur

Ce document d'appui a été rédigé à la demande du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) afin de soutenir les travaux des membres du groupe d'experts scientifiques et techniques devant se pencher sur l'utilisation de la ventilation dans les établissements des réseaux de la santé et de l'éducation dans le cadre de l'actuelle pandémie de COVID-19. De façon plus spécifique, ce document vise à faire état des connaissances actuelles sur la transmission du virus SRAS-CoV-2 dans l'environnement intérieur des bâtiments et à brosser un portrait du rôle que pourrait notamment jouer la ventilation des milieux intérieurs dans un contexte de pandémie. Puisque la situation du virus SRAS-CoV-2 (COVID-19) et les connaissances sur ce dernier évoluent rapidement, les propos formulés dans ce document sont sujets à des mises à jour. Le présent texte ne constitue pas une revue exhaustive de la littérature scientifique. Les termes techniques s'y trouvant sont généralement ceux retenus par les auteurs cités et la terminologie utilisée est adaptée aux conventions d'usage définies par le groupe de travail sur la ventilation de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Il faut par ailleurs noter que certaines publications scientifiques portant sur la COVID-19 citées dans ce document ont été diffusées sans avoir été révisées par les pairs. Les informations complètes concernant la méthodologie relative à l'élaboration de ce document sont présentées à l'annexe 1.

Avant-propos

Le présent document comprend une synthèse des connaissances à propos de la transmission du SRAS-CoV-2, des paramètres environnementaux contribuant au maintien de la viabilité du virus à l'intérieur (température et humidité relative) ainsi que du temps de survie sur les divers types de surfaces. Le document fait aussi état des liens entre la transmission du virus et les systèmes de ventilation et de filtration de l'air intérieur. Les données issues de la littérature scientifique permettent de mettre en avant les principaux éléments à retenir, lesquels visent à éclairer les occupants, les usagers et les gestionnaires de bâtiments publics et privés quant aux pratiques à adopter en milieu intérieur afin de minimiser les risques de transmission de la COVID-19. Enfin, la section sur la transmission du SRAS-CoV-2 présente une synthèse des principaux constats du document de l'INSPQ intitulé [*Transmission du SRAS-CoV-2 : constats et proposition de terminologie*](#)

Table des matières

Lexique	VII
1 Transmission du SRAS-CoV-2	1
1.1 Processus de transmission et de développement de l'infection du SRAS-CoV-2.....	1
1.1.1 Émetteur.....	1
1.1.2 Transmetteur.....	2
1.1.3 Récepteur.....	2
2 Mesures de contrôle préconisées en milieux intérieurs	5
2.1 Mesures de minimisation des contacts et de distanciation physique.....	6
2.2 Mesures techniques et d'ingénierie	6
2.3 Mesures administratives	7
2.4 Mesures de protection individuelle	7
3 Paramètres environnementaux influençant le maintien du SRAS-CoV-2 dans l'environnement intérieur	9
3.1 Température	9
3.2 Humidité relative.....	10
3.3 Rayonnements	10
3.4 Type de surface.....	11
4 Influence de la ventilation des milieux intérieurs sur la transmission de la COVID-19	13
5 Mesures pratiques à observer en lien avec la ventilation en période de pandémie	17
6 Entretien des systèmes de ventilation en période de pandémie	21
7 La filtration comme mesure d'atténuation du risque infectieux	23
Références	27
Annexe 1 Méthodologie en bref – Liste de vérification	37
Annexe 2 Hiérarchie des mesures de contrôle adaptées à la COVID-19	43
Annexe 3 Résumé de l'application de la hiérarchie des mesures de contrôle des infections en milieux de soins	47
Annexe 4 Mesures recommandées dans les bâtiments possédant des systèmes de ventilation mécanique (CVCA) en période de pandémie	51
Annexe 5 Norme, règlement ou code établissant les taux de ventilation ou les débits d'air minimaux à appliquer selon le type de milieu	55

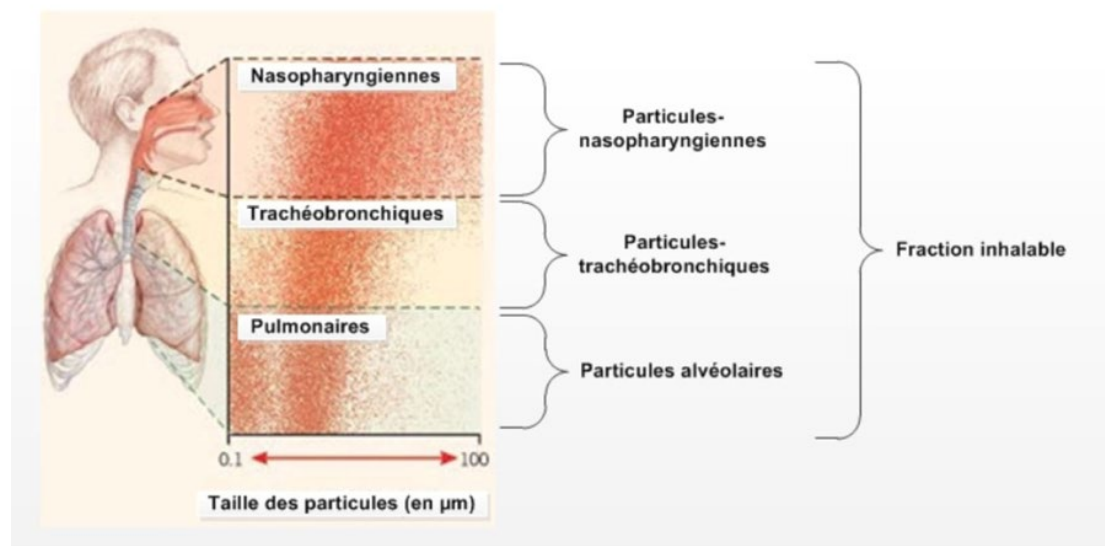
Lexique

Note : Les définitions suivantes ont été retenues afin de faciliter l'utilisation d'un langage transdisciplinaire au sein de l'INSPQ.

Aérosols	Particules en suspension dans l'air, dont le mouvement est gouverné principalement par la taille des particules, généralement inférieures à 100 µm (traditionnellement appelées gouttelettes pour celles > 5 µm) et potentiellement inhalables, qui peuvent être classées selon le site anatomique où elles se déposent dans les voies respiratoires (figure 1) : <ul style="list-style-type: none">▶ Les particules nasopharyngiennes qui se déposent dans le nez ou la gorge ≤ 100 µm.▶ Les particules trachéobronchiques qui se déposent dans les bronches ≤ 15 µm.▶ Les particules alvéolaires qui se rendent jusqu'aux alvéoles pulmonaires ≤ 5 µm (traditionnellement appelées noyaux de gouttelettes ou microgouttelettes).
Asymptomatique	État d'une personne infectée qui sécrète des virus et qui ne développera pas de symptômes.
Cultivable	Capacité des virus de se reproduire sur des cultures cellulaires appropriées dans des conditions adéquates. Le fait qu'un virus soit cultivable ne signifie pas que celui-ci possède un pouvoir infectieux.
CVCA (Système de chauffage, de ventilation et de climatisation de l'air)	Système qui vise à assurer un échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur de la maison tout en chauffant ou en climatisant au besoin.
Gouttelettes	Anciennement définies comme des particules mesurant généralement plus de 5 µm, maintenant incluses dans la définition retenue du terme <i>aérosols</i> .
Gouttes	Particules supérieures à 100 µm, qui peuvent se déposer directement sur les muqueuses du nez, de la bouche ou des yeux et sur des surfaces ou des objets, selon une trajectoire balistique (donc non inhalables).
HEPA (<i>High-Efficiency Particulate Air</i>)	Filtre à air à haute efficacité capable de filtrer, en un passage, au moins 99,97 % des particules d'un diamètre égal ou supérieur à 0,3 µm.
Infectiosité	Capacité d'un agent pathogène (tel un virus) de se transmettre, de survivre et de se multiplier dans un hôte.
MERV (<i>Minimum Efficiency Reporting Value</i>)	Échelle de mesure conçue pour indiquer la performance d'un filtre dans le traitement des particules.

Particules	Petite partie de matière solide ou liquide.
Présymptomatique	État d'une personne infectée qui sécrète des virus, mais qui n'a pas encore développé de symptômes.
Transmission	Processus par lequel un agent pathogène est émis à partir d'une source de manière à causer une infection chez un hôte.
Tropisme	Affinité d'un agent infectieux ou parasitaire pour agir spécifiquement sur un organe, un tissu ou un type cellulaire.

Figure 1 Régions où se déposent les particules de tailles diverses dans les voies respiratoires



Adapté de Roy et Milton (2004) par Gouvernement du Canada (2017).

1 Transmission du SRAS-CoV-2

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- ▶ Le SRAS-CoV-2 se transmet principalement lors de contacts rapprochés entre les personnes (moins de 2 mètres) et prolongés (durant plus de 15 minutes).
- ▶ Les données expérimentales et épidémiologiques disponibles soutiennent une transmission par aérosols à proximité, c'est-à-dire à moins de 2 mètres.
- ▶ Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est augmenté dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupants et lorsque la durée d'exposition est prolongée. Les données démontrent que la transmission lors de contacts rapprochés demeure la principale voie de transmission impliquée. Toutefois, elles suggèrent aussi qu'une transmission par aérosols à distance pourrait survenir. La distance maximale demeure imprécise, mais il est peu probable que ce soit au-delà de quelques mètres.
- ▶ La présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans l'air et de virus infectieux n'implique pas systématiquement qu'il y ait transmission par voie aérienne comme cela est décrit pour la tuberculose. À l'heure actuelle, aucune preuve directe ne démontre clairement le mode de transmission par voie aérienne avec le SRAS-CoV-2.

Les recommandations actuelles en prévention et contrôle des infections associées aux modes de transmission des infections par gouttelettes et par voie aérienne reposent sur une approche dichotomique. Bien que cette approche ait prouvé son efficacité à prévenir et à contrôler la transmission d'infections comme l'influenza ou la tuberculose, le SRAS-CoV-2 impose une approche mieux adaptée au corpus grandissant de connaissances sur l'aspect dynamique des aérosols, qui soutient que la transmission se ferait selon un continuum (voir le modèle et les définitions retenus au lexique).

1.1 Processus de transmission et de développement de l'infection du SRAS-CoV-2

Pour qu'une infection au SRAS-CoV-2 survienne, un ensemble de liens étroits et complexes doivent être réunis entre la source de l'agent infectieux (microorganisme), l'hôte et l'environnement. Ainsi, toutes les expositions n'entraînent pas systématiquement une infection. À partir des constats précédents, les principaux facteurs influençant la transmission et le développement de l'infection sont décrits ci-dessous, en les regroupant sous les trois principaux constituants que sont l'émetteur, le transmetteur et le récepteur.

1.1.1 ÉMETTEUR

Lorsqu'une personne infectée et contagieuse respire, parle, tousse, éternue ou chante, des particules de différentes tailles sont émises en quantité variable. Plusieurs études ayant retrouvé de l'ARN viral dans ces particules indiquent l'excrétion du virus SRAS-CoV-2 par les voies respiratoires (Chia *et al.*, 2020; Dumont-Leblond *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2020; Lei *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020; Razzini *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2020). Quelques études ont également retrouvé de l'ARN viral dans les selles (Cheung *et al.*, 2020), confirmant que le virus peut se retrouver au niveau du système gastro-intestinal. Cependant, les données disponibles ne rapportent pas de cas de transmission par aérosolisation de matières fécales, mais cet aspect demeure à élucider.

Excrétion virale

Le nombre de virus excrétés varie selon la phase de la maladie. Pour le SRAS-CoV-2, une méta-analyse suggère que les charges virales dans les voies respiratoires supérieures sont les plus élevées au moment de l'apparition des symptômes et pendant environ une semaine après le début de ceux-ci, puis baissent graduellement dans les semaines qui suivent (Walsh *et al.*, 2020). Ainsi, le nombre de virus excrétés par les voies respiratoires semble associé aux moments où la maladie est la plus contagieuse, soit à proximité du moment de l'apparition des symptômes (Cheng, *et al.* 2020) et deux jours avant le début de ceux-ci (INSPQ, 2020c). La corrélation exacte entre l'excrétion virale mesurée par les tests diagnostiques par TAAAN et la contagiosité n'est toutefois pas clairement établie.

Contagiosité

Les personnes asymptomatiques et présymptomatiques sont contagieuses. Le rôle exact de la taille des particules sur l'infectiosité n'est pas bien déterminé pour le SRAS-CoV-2. Bien que les plus petites particules aient un pouvoir de pénétration plus grand dans les alvéoles, les données actuelles ne permettent pas d'associer ceci à une plus grande infectiosité pour le SRAS-CoV-2.

1.1.2 TRANSMETTEUR

Les plus grosses particules, d'une dimension supérieure à 100 µm (gouttes), peuvent se déposer directement sur les muqueuses du nez, de la bouche ou des yeux. Elles peuvent également se déposer sur des surfaces ou des objets et contribuer à la transmission par contact direct (ex.: au moment de se serrer la main) ou indirect par les fomites (ex. : par l'intermédiaire d'une poignée de porte), quoique cette voie apparaisse de moindre importance. Des aérosols de différentes tailles pourront se déplacer en fonction de leur diamètre aérodynamique (distance maximale non précisée, mais probablement quelques mètres).

1.1.3 RÉCEPTEUR

Le développement de l'infection par un individu est influencé par de nombreux facteurs dont certains sont présentés ici.

Hôte

La réceptivité de l'hôte est nécessaire pour qu'une infection se développe. L'état immunitaire de la personne exposée constitue donc un facteur clé dans la survenue d'une infection après une exposition. Pour le moment, puisqu'il s'agit d'un nouveau virus, la population non vaccinée et qui n'a pas contracté la maladie est considérée comme réceptive. Cependant, la sévérité de la maladie est influencée par l'âge ainsi que par la présence de comorbidités chez l'hôte.

Tropisme

Le tropisme d'un agent infectieux se définit comme la porte d'entrée privilégiée (tissus ou cellules cibles) qui sera utilisée par celui-ci pour infecter un hôte. Il est clairement reconnu que les coronavirus doivent d'abord se lier aux récepteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) pour pénétrer dans les cellules de l'hôte et ainsi s'y multiplier. Or, certaines cellules du nez produisent l'enzyme ACE2 en quantité importante, ce qui laisse penser que les cellules de la muqueuse nasopharyngée pourraient être un site initial de l'infection. Par conséquent, c'est également au niveau des voies respiratoires supérieures (nasopharynx et oropharynx) que se trouverait la charge virale la plus élevée au début de la maladie. Il apparaît ainsi que le virus démontre une moins bonne affinité à coloniser les bronchioles distales et les alvéoles (Zhang *et al.*, 2020).

Dose infectieuse

La dose nécessaire pour engendrer une infection est actuellement inconnue et varie possiblement entre les individus. Toutefois, des aérosols de diverses tailles pourraient contribuer à la dose infectieuse de la COVID-19. À partir des données rapportées par Bao *et al.* (2020) le Department of Homeland Security des États-Unis (DHS, 2020) a rapporté une moyenne équivalente d'environ 630 à 756 virus cultivables chez les souris lorsqu'ils sont inhalés avec des aérosols de moins de 5,7 µm. Par ailleurs, selon une recension narrative publiée par le DHS (2020), il faudrait probablement moins de 1 000 unités formatrices de plaques – UFP (ou 1 000 virus cultivables) pour infecter un humain. Ceci dit, l'absence d'étude humaine sur le sujet engendre une grande incertitude dans l'estimation de la dose infectieuse chez l'homme.

Ainsi, la transmission de l'infection d'un individu contagieux à un individu réceptif et le développement de l'infection par ce dernier sont influencés par l'ensemble de ces facteurs dont la contribution peut être variable d'une situation à une autre.

2 Mesures de contrôle préconisées en milieux intérieurs

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- ▶ Il est recommandé d'appliquer en tout temps et de manière préventive une série de mesures de contrôle en ce qui a trait à la transmission du SRAS-CoV-2 dans les milieux intérieurs.
- ▶ Ces mesures de contrôle présentées de façon hiérarchisée sont enchâssées dans des cadres de référence utilisés par les professionnels de la prévention des infections, de la santé publique et de la santé et de la sécurité au travail pour élaborer des mesures de lutte contre les infections.
- ▶ Cette hiérarchie vise à réduire les risques de transmission en organisant les méthodes de contrôle en fonction de leur applicabilité en milieu populationnel.
- ▶ Ce type de cadre de référence suppose que les mesures indiquées au haut de cette hiérarchie s'avèrent généralement plus efficaces que celles se trouvant aux niveaux inférieurs.
- ▶ Aucune de ces catégories n'est conçue pour être utilisée isolément, puisque les différentes composantes fonctionnent comme un tout et offrent un système de protection à paliers multiples.
- ▶ Ce cadre de référence comprend respectivement des mesures :
 - ▶ de minimisation des contacts et de leur durée ainsi que de distanciation physique;
 - ▶ techniques et d'ingénierie;
 - ▶ administratives;
 - ▶ de protection individuelle.

En plus d'être transmise par des individus symptomatiques, la COVID-19 peut aussi l'être par des personnes asymptomatiques et présymptomatiques. Comme ces personnes ne présentent pas de symptômes et sont difficilement identifiables, il est recommandé d'appliquer de manière préventive des mesures de contrôle en tout temps dans les milieux intérieurs. Il faut par ailleurs préciser que les milieux intérieurs, qui présentent des conditions environnementales généralement plus stables et plus propices à la survie du virus, sont les principaux milieux de transmission. L'ensemble des mesures de contrôle devraient donc être appliquées de façon concomitante dans les milieux intérieurs occupés (ex. : établissements scolaires, milieux de soins, commerces, institutions, bureaux, etc.) pour réduire les risques de transmission de la COVID-19.

La *hiérarchie de mesures de contrôle* est un cadre de référence dont se servent les professionnels de la prévention des infections, de la santé publique et de la santé et de la sécurité au travail pour élaborer des mesures de lutte contre les infections (CAC, 2007). Cette hiérarchie vise à réduire les risques de transmission en organisant les méthodes de contrôle en fonction de l'efficacité potentielle de leur mise en œuvre dans différentes catégories (INSPQ, 2018). De plus, ce type de cadre de référence soutient que les mesures indiquées au haut de cette hiérarchie s'avèrent généralement plus efficaces que celles se trouvant aux niveaux inférieurs (Agence de la santé publique du Canada [ASPC], 2020; Centre de collaboration nationale en santé environnementale [CCNSE], 2020b; Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2016; Rivers *et al.*, 2020). Toutefois, « [...] aucune de ces catégories n'est conçue pour être utilisée de façon isolée [puisque] les différentes composantes fonctionnent comme un tout et offrent un système de protection à paliers multiples » (CAC, 2007).

Un exemple de cadre de référence élaboré pour le contrôle de la COVID-19 en milieu intérieur (population générale) est décrit à l'annexe 2. De même, un résumé de l'application de la hiérarchie adaptée aux milieux de soins est présenté à l'annexe 3. Dans ce cadre de référence qui s'applique à la gestion de la COVID-19 pour la population en général, les mesures de minimisation des contacts et de leur durée ainsi que de distanciation viennent au premier rang des mesures de lutte contre le SRAS-CoV-2 suivies des mesures techniques et d'ingénierie, puis des mesures administratives et des mesures de protection individuelle. Il faut préciser toutefois qu'un certain chevauchement des mesures est inévitable dans cet exemple de modèle hiérarchique étant donné que les mesures de distanciation physique peuvent, par exemple, aussi être appliquées lors de la mise en œuvre de mesures techniques ou administratives (ASPC, 2020).

2.1 Mesures de minimisation des contacts et de distanciation physique

Dans ce cadre de référence, la minimisation des contacts et de leur durée ainsi que les mesures de distanciation physique figurent au premier rang de la hiérarchie des mesures de contrôle de la transmission du virus de la COVID-19. En effet, les contacts rapprochés sont actuellement considérés comme le principal mode de transmission de la COVID-19, c'est-à-dire les contacts physiques de personne à personne et avec les particules infectieuses expulsées par la personne contagieuse (Heffernan, 2020; Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations [REHVA], 2020a). Pour cette raison, la minimisation de la durée et la fréquence des contacts de même que les mesures de distanciation physique (réduction de la proximité des contacts) s'avèrent particulièrement efficaces (ASPC, 2020; INSPQ, 2020a). Évidemment, éviter d'être en contact avec des personnes qui pourraient être infectées demeure la mesure la plus efficace (ex. : rester à la maison sans recevoir de visiteurs, faire du télétravail). Lorsqu'éviter les contacts est impossible, il est recommandé de réduire la densité d'occupation des lieux de manière à respecter une distance de 2 mètres entre les usagers. Toutefois, les particularités propres à chaque milieu intérieur, notamment la superficie, la configuration des lieux intérieurs ou encore les activités qui y sont pratiquées, rendent parfois la mise en place ou le maintien des mesures de distanciation difficiles.

2.2 Mesures techniques et d'ingénierie

Les mesures techniques et d'ingénierie comprennent des mesures qui, en théorie, peuvent aussi être efficaces. Parmi les mesures techniques suggérées, se trouve, entre autres, l'installation de barrières physiques (cloisons de plexiglas) permettant de séparer les travailleurs les uns des autres ainsi que de la clientèle en vue de réduire le risque de transmission liée à l'expectoration de particules infectieuses malgré la proximité. Ces mesures ne doivent cependant pas nuire à l'écoulement de l'air soutenu par le système de ventilation.

En outre, l'augmentation de l'échange d'air par ventilation naturelle ou mécanique compte parmi les mesures d'ingénierie recommandées. Ainsi, une bonne ventilation des lieux permet d'éviter l'accumulation de particules potentiellement infectieuses dans les espaces intérieurs (REHVA, 2020d). Cette mesure d'ingénierie devrait toutefois être appliquée en complémentarité avec les mesures techniques (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers [ASHRAE], 2020f; CADTH, 2020; Haut Conseil de la santé publique [HCSP], 2020c; Morawska et Cao, 2020; REHVA, 2020c). Dans certaines situations (ex. : débit d'air insuffisant, recirculation d'une fraction importante de l'air intérieur), les dispositifs d'épuration de l'air (ex. : au moyen d'une épuration avec filtre HEPA) pourraient constituer un moyen complémentaire pour réduire la charge infectieuse présente dans l'air intérieur. Malgré leur relative efficacité théorique, les preuves sont insuffisantes pour démontrer que ces dispositifs contribuent à diminuer ou à augmenter la transmission de

maladies respiratoires. De plus, les contraintes d'implantation, d'utilisation et d'entretien de tels dispositifs doivent être prises en considération (CCNSE, 2020b).

2.3 Mesures administratives

Les mesures administratives regroupent essentiellement les mesures mises en place par les gestionnaires de bâtiments, par exemple, la sensibilisation des occupants à propos de certains comportements à risque (ex. : contacts rapprochés de longue durée, partage d'objets et d'espaces communs); la promotion du télétravail et des communications numériques, lorsque cela est possible; l'application des mesures de gestion et de compensation (politique) afin de s'assurer de l'exclusion du milieu de travail des personnes symptomatiques, des cas et des contacts; le marquage au sol; la disposition des espaces communs, etc. Par ailleurs, le lavage des mains à l'entrée des lieux de même que le nettoyage et la désinfection réguliers des objets et des surfaces fréquemment touchés permettraient de réduire la transmission potentielle par contact avec des surfaces contaminées – ex. : poignées de porte, interrupteurs, comptoirs, rampes d'escalier, boutons d'ascenseurs, téléphones cellulaires, etc. (ASPC, 2020; INSPQ, 2020b).

2.4 Mesures de protection individuelle

Finalement, l'adoption d'une méthode de protection individuelle, tels le masque médical et la protection oculaire, constitue une mesure supplémentaire qui pourrait contribuer à réduire davantage le risque de transmission en plus des mesures déjà mises en place (ASPC, 2020; INSPQ, 2020a). Les mesures de protection individuelle ne doivent toutefois pas se substituer aux autres mesures de prévention (INSPQ, 2018). En ce qui concerne le milieu de travail, voir le site suivant : <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/3079-avis-masque-medical-milieux-travail-covid19.pdf>. Par exemple, il demeure important de continuer, autant que possible, à appliquer les mesures de contrôle comme la distanciation physique et le lavage des mains de même que les autres mesures.

La réduction des risques de transmission de la COVID-19 dans un milieu intérieur donné dépend certes de l'efficacité des mesures de contrôle appliquées, mais surtout de leur diversité; les mesures dont les niveaux d'efficacité sont inférieurs devant être considérées comme tout aussi importantes que les autres (ASPC, 2020; CCNSE, 2020b; INSPQ, 2018). Ainsi, aucune de ces catégories ne devrait être mise en œuvre de façon isolée, mais plutôt de façon combinée avec d'autres mesures, de manière à offrir une protection à paliers multiples (CAC, 2007). En effet, plusieurs organismes reconnus, dont l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC), recommandent d'appliquer plusieurs mesures de contrôle de différents niveaux d'efficacité afin d'optimiser le potentiel d'atténuation des risques de transmission et de remédier à la difficulté à mettre en place ou à maintenir certaines mesures de distanciation (ASPC, 2020; CCNSE, 2020b; INSPQ, 2018). Par ailleurs, les mesures de contrôle ne visent pas toutes les mêmes voies de transmission.

En somme, dans un contexte de pandémie, la mise en application de mesures situées au bas de la hiérarchie reste pertinente, puisque c'est la combinaison des mesures de contrôle, qui permet de réduire davantage le risque de transmission. Il apparaît donc opportun d'appliquer de façon concomitante les diverses mesures de contrôle.

3 Paramètres environnementaux influençant le maintien du SRAS-CoV-2 dans l'environnement intérieur

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- ▶ Selon les données expérimentales disponibles, la température contribuant à la présence de coronavirus dans l'air et sur différentes surfaces à l'abri de la lumière solaire se situerait autour de 4 °C.
- ▶ Les résultats de certaines études expérimentales ont montré que la sensibilité à la dégradation du SRAS-CoV-2 augmente avec la température et l'intensité de certains types de rayonnement (ex. : UVC), alors que la relation entre l'inactivation du virus et l'humidité relative de l'air ambiant ne semble pas linéaire (ou proportionnelle).
- ▶ Dans certaines conditions contrôlées, le SRAS-CoV-2 s'avère stable dans l'air, aux températures et aux taux d'humidité y étant généralement maintenus, pendant plusieurs dizaines de minutes tout en demeurant cultivable.
- ▶ Les résultats de certaines expériences menées en milieux contrôlés laissent croire que le SRAS-CoV-2 pourrait conserver son caractère cultivable quelques jours sur certaines surfaces en milieu intérieur.
- ▶ Il n'est pas recommandé d'apporter des modifications aux températures et aux taux d'humidité relative généralement maintenus en milieu intérieur selon l'état actuel des connaissances. Il est encore recommandé de maintenir ces paramètres à l'intérieur des plages jugées acceptables par les organismes reconnus.

Le SRAS-CoV-2 associé à des aérosols de toute taille peut résister un certain temps à l'extérieur des cellules infectées, notamment dans les milieux intérieurs (Aboubakr *et al.*, 2020; Carraturo *et al.*, 2020; REHVA, 2020a). En plus du facteur temps, la stabilité des virus dans un environnement intérieur donné pourrait potentiellement varier en fonction de la température et de l'humidité relative (HR) de l'air ainsi que de la présence et de l'intensité de certains rayonnements, dont les UV. Le temps de survie du SRAS-CoV-2 en milieux intérieurs dépend également du type de surface (ou de médium) sur lequel il se dépose.

3.1 Température

Dans leurs revues de la littérature, Dietz *et al.* (2020), Ren *et al.* (2020) et Aboubakr *et al.* (2020) soulignent que l'atteinte d'une température élevée pourrait engendrer la détérioration de l'enveloppe lipidique des coronavirus et provoquer leur inactivation. En 2010, Casanova *et al.* démontraient, en laboratoire, que les virus appartenant au sous-groupe des SRAS-CoV pouvaient demeurer cultivables sur l'acier inoxydable à 4 °C, et ce, jusqu'à 28 jours. La persistance dans le temps des coronavirus humains diminuait généralement avec l'augmentation de la température (Kampf *et al.*, 2020). Des résultats similaires ont été obtenus au regard du SRAS-CoV-2 par Chin *et al.* (2020). Ces auteurs ont démontré, à partir de cultures tissulaires, que la viabilité du virus est optimale à 4 °C, et ce virus peut aisément persister 7 jours à 22 °C dépendamment du type de surface. Au-delà de 70 °C, le délai pour inactiver le virus n'excède pas 5 minutes.

Lors d'une étude visant à déterminer les effets de l'humidité relative, de la température et de la taille des gouttelettes sur la stabilité du SRAS-CoV-2 dans une matrice simulée et déposée sur des surfaces non poreuses, Biryukov *et al.* (2020) ont démontré que le virus se désintègre plus rapidement, notamment lorsque la température augmente. Par ailleurs, le volume des liquides (de 1 à 50 µl) et le type de surface (acier inoxydable, plastique, nitrile) n'ont pas d'impact significatif sur le taux d'inactivation. Les résultats d'autres études ont montré que la persistance variait selon les surfaces, mais était toujours inférieure à une température plus élevée (Harbourt *et al.*, 2020; Fisher *et al.*, 2020). Il faut noter que le contexte expérimental dans lequel ont été menées ces études diffère des contextes usuels, ce qui peut induire de la variabilité au regard des observations rapportées par les auteurs.

3.2 Humidité relative

En ce qui concerne l'humidité relative (HR), Casanova *et al.* (2010) rapportaient que la relation entre l'inactivation des coronavirus et ce paramètre n'est pas linéaire, contrairement à ce qui est observé pour la température. Yang et Marr (2012) rapportaient d'ailleurs que la plupart des virus en suspension dans l'air (dont les coronavirus) s'avèrent sensibles à l'humidité ambiante, mais que les mécanismes responsables de ce phénomène ne sont pas clairs (Ren *et al.*, 2020). À titre d'exemple, Ahlawat *et al.* (2020) notent que l'humidité relative est un facteur susceptible de moduler le potentiel de maintien en suspension dans l'air du SRAS-CoV-2. En raison du fait que l'humidité affecte à la fois la cinétique d'évaporation des particules virales et la croissance (par agglomération) de celles-ci, de faibles taux d'humidité contribueraient à l'aérosolisation des particules plus grosses et à leur maintien en suspension dans l'air intérieur et, par conséquent, au risque infectieux. Ainsi, en milieux relativement secs (HR < 40 %), le nombre de particules en suspension contenant du SRAS-CoV-2 serait plus élevé que dans les milieux très humides (HR > 90 %). En somme, la relation entre l'humidité relative de l'air et la stabilité du virus soulève encore des interrogations chez les auteurs consultés.

3.3 Rayonnements

Certains types de rayonnements, tel l'ensemble des rayonnements du spectre UV (ainsi que le rayonnement infrarouge), pourraient avoir des effets virucides variables mais d'intérêt pour développer différentes applications de désinfection (Horton *et al.*, 2020; ACGIH, 2020; CCNSE, 2020b; Food and Drug Administration [FDA], 2020; International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection [ICNIRP], 2020). Alors que la présence de ces types de rayonnements en milieux intérieurs est généralement tributaire de l'utilisation de lampes UV, le rayonnement solaire qui pénètre les milieux intérieurs par l'entremise des fenêtres et des portes vitrées pourrait théoriquement constituer un facteur d'inactivation du virus. Dans une étude en laboratoire, Ratnesar-Shumate *et al.* (2020) ont simulé des spectres de la lumière du soleil à l'heure du midi par temps clair au niveau de la mer au 40° parallèle Nord, et ce, à différentes périodes de l'année. À la suite de l'exposition d'échantillons de SRAS-CoV-2 aérosolisés à ces types de rayonnements, ces auteurs ont observé des demi-vies de dégradation du virus inférieures à 6 minutes, alors que 90 % du virus était inactivé en moins de 20 minutes pour toutes les intensités de lumière solaire testées; ces résultats sont également corroborés par Schuit *et al.* (2020). Les lecteurs intéressés par cet aspect sont invités à prendre connaissance de l'[encadré sur l'irradiation germicide par les rayons UV](#).

3.4 Type de surface

La durée de survie du virus SRAS-CoV-2 peut varier de quelques minutes à quelques jours, dépendamment du type de surface sur lequel il se trouve. Lorsque les autres paramètres environnementaux sont stables, cette survie est généralement plus longue sur des surfaces lisses que sur des surfaces poreuses. Il faut cependant souligner que ces résultats proviennent d'études expérimentales réalisées dans des conditions contrôlées qui sont, de façon générale, plus propices à la survie du virus que dans les conditions variables observées sur le terrain (Goldman, 2020). En conditions réelles, le matériel génétique (ARN) du virus est plus souvent trouvé dans l'environnement immédiat des personnes infectées (Jiang *et al.*, 2020; Kanamori *et al.*, 2020; Peyrony *et al.*, 2020; Yamagishi, 2020; Zhou *et al.*, 2020) et sur les objets fréquemment touchés (Döhla *et al.*, 2020; Tan *et al.*, 2020). Cette présence de l'ARN du virus sur les surfaces ne signifie pas pour autant qu'il ait conservé son infectiosité. À la connaissance des auteurs du document, aucune équipe de chercheurs n'est parvenue à cultiver de virus présents sur les surfaces en situation non expérimentale (Döhla *et al.*, 2020, Zhou *et al.*, 2020; Santarpia *et al.*, 2020; Colaneri *et al.*, 2020; Ong *et al.*, 2020; Moore *et al.*, 2020, Binder *et al.*, 2020). Par contre, pour un échantillon de surface, une de ces équipes a observé la présence de virions de SRAS-CoV-2 intacts après 3 jours de mise en culture. Il n'est cependant pas possible pour l'instant de faire un lien entre cette observation et l'infectiosité du virus (Santarpia *et al.*, 2020).

4 Influence de la ventilation des milieux intérieurs sur la transmission de la COVID-19

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- ▶ La ventilation consiste à extraire l'air intérieur vicié d'un milieu donné et à diluer les contaminants s'y trouvant en introduisant de l'air en provenance de l'extérieur.
- ▶ La ventilation des milieux intérieurs peut être effectuée à l'aide de systèmes mécaniques ou encore par l'entremise de fenêtres (ou d'autres types d'ouvertures permettant l'aération naturelle – ex. : imposte, porte, grille et registre d'aération, etc.).
- ▶ Il est généralement admis qu'une ventilation adéquate des milieux intérieurs constitue une mesure de gestion efficace des contaminants de l'air intérieur. En effet, les systèmes de ventilation mécaniques peuvent contribuer à extraire et à diluer les gaz et les particules fines ou les autres contaminants en suspension dans l'air.
- ▶ Les systèmes de ventilation doivent être bien conçus, bien installés, bien entretenus et bien utilisés afin d'être efficaces.
- ▶ Dans la majorité des bâtiments, la capacité d'aspiration des systèmes de ventilation n'est pas suffisante pour capter les gouttes dans l'environnement intérieur, lesquelles tendent rapidement à retomber au sol.
- ▶ Aucun cas de transmission du SRAS-CoV-2 par l'entremise des conduits d'un système de ventilation mécanique n'a encore été clairement documenté¹.
- ▶ Les stratégies d'atténuation du risque relevant de l'ingénierie (dont le maintien d'une ventilation efficace) devraient être mises en place en complémentarité avec les autres mesures de protection telles que les mesures de distanciation physique, de minimisation des contacts et de respect de l'étiquette respiratoire.

Plusieurs études laissent croire que l'augmentation de la ventilation, notamment au moyen de systèmes de ventilation mécanique, peut réduire l'incidence de maladies respiratoires (Corporation des entreprises de traitement de l'air et du froid [CETAF], 2018; Morawska *et al.*, 2020). La recension des écrits de Qian et Zheng (2018) fait d'ailleurs état du double rôle des systèmes de ventilation dans la lutte contre la transmission des infections respiratoires telles que le SRAS en 2003 et le H1N1 en 2009. En effet, selon ces auteurs (Qian et Zheng, 2018), en plus de contribuer à l'extraction et à la dilution des particules, les débits d'air frais admis peuvent être orientés pour générer des écoulements d'air directionnels. Un tel contrôle des pressions peut s'avérer nécessaire lorsqu'il s'avère souhaitable d'éviter que l'air potentiellement contaminé, par une ou des personnes infectées, provenant d'une pièce ou d'un secteur donné se déplace vers un secteur non contaminé.

Toutefois, il existe également une association possible entre la ventilation, les mouvements d'air dans les bâtiments et la transmission de certaines maladies infectieuses par voie aérienne telles que la rougeole, la tuberculose et la varicelle (Li *et al.*, 2007). En effet, divers problèmes de conception, d'installation, d'entretien et d'utilisation des systèmes de ventilation sont susceptibles d'engendrer des conditions facilitant l'accumulation ou la propagation accrue d'agents pathogènes dans les milieux intérieurs (Correia *et al.*, 2020). À titre d'exemple, il faut mentionner le risque théorique de contamination d'une pièce à une autre que pourrait entraîner le transfert de volumes d'air contaminé

¹ Un article récent, qui n'a pas encore pu être analysé en détail mais qui semble comporter des limites importantes, établit que la transmission s'est faite par les conduits de ventilation (Hwang *et al.*, 2020).

recirculant dans un système de ventilation mécanique dépourvu de filtration adéquate. La Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health - CADTH (2020) souligne d'ailleurs que la réalisation d'études plus robustes permettrait de mieux comprendre le potentiel d'augmentation ou d'atténuation du risque infectieux en milieux intérieurs des systèmes de ventilation et les facteurs concernés.

D'un point de vue théorique, le risque de dispersion des particules (dont des particules virales) par l'intermédiaire d'un système de ventilation – recirculant une fraction significative de l'air contaminé (voir *Li et al.*, 2020) ne peut être complètement écarté (Beggs, 2020; CADTH, 2020; CCNSE, 2020a; Dietz *et al.*, 2020; European Centre for Disease Prevention and Control [ECDC], 2020; National Academies of Sciences Engineering Medicine [NASEM], 2020). Cependant, cette éventualité s'avérerait peu probable (ECDC, 2020; REHVA, 2020a, 2020b, 2020c). En effet, une possible dispersion est étroitement associée au potentiel d'aérosolisation de l'agent viral et à la conservation de son pouvoir infectieux à l'intérieur des conduits de ventilation (incluant les filtres). Or, dans la majorité des bâtiments résidentiels et commerciaux, la capacité d'aspiration des systèmes de ventilation n'est pas suffisante pour contrer le dépôt rapide des gouttes et des aérosols de 10 à 100 µm dans l'environnement intérieur, lesquels sont actuellement jugés plus significatifs, avec les contacts rapprochés, dans le processus de transmission de la COVID-19 (World Health Organisation [WHO], 2020).

La CADTH (2020), la Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations – REHVA (2020c) et le CCNSE (2020c) soulignent d'ailleurs qu'à l'heure actuelle aucun cas de transmission du SRAS-CoV-2 par l'entremise des conduits d'un système de ventilation mécanique n'a été documenté. Le CCNSE et la CADTH ajoutent que, dans les cas où des éclosions sont survenues dans des milieux pourvus de systèmes de ventilation (où la contribution de ce dernier aurait pu être suspectée), il y avait toujours présence simultanée d'une personne infectée et d'occupants à proximité ayant par la suite développé la COVID-19. Il s'agit d'un contexte laissant penser que d'autres mécanismes auraient contribué à la transmission de l'infection (CADTH, 2020; CCNSE, 2020c). De son côté, le HCSP, en France, a récemment examiné les risques de transmission du SRAS-CoV-2 par les systèmes de ventilation dans les bâtiments institutionnels, les milieux de soins et les domiciles et concluait qu'il n'existe pas d'études dont les résultats démontrent une transmission possible du virus par ces systèmes (HCSP, 2020b).

En dépit des particularités techniques des systèmes de ventilation mécanique devant faire l'objet d'une attention particulière (voir la section suivante), la recension d'un nombre croissant d'éclosions survenues en milieux intérieurs (HCSP, 2020c) et la reconnaissance par certains organismes compétents du potentiel infectieux des particules virales émises à courte et peut-être à plus longue distance par des individus infectés militent en faveur de l'optimisation de la ventilation à titre de mesure d'ingénierie à recommander dans les milieux intérieurs occupés (REHVA, 2020c). Selon l'ASHRAE, la dispersion du SRAS-CoV-2 par l'entremise de l'air intérieur est suffisamment plausible pour justifier l'adoption de mesures de ventilation préventives afin de limiter l'exposition au virus par cette voie (ASHRAE, 2020a, 2020d, 2020f, 2020g). Sous l'angle de la prudence, d'autres organismes et auteurs précisent que les stratégies d'atténuation du risque relevant de l'ingénierie (dont le maintien d'une ventilation efficace) devraient être mises en place en complémentarité avec les mesures de distanciation physique et le respect de l'étiquette respiratoire (ASHRAE, 2020f; CADTH, 2020; HCSP, 2020c; Morawska, *et al.*, 2020; REHVA, 2020c).

Ces recommandations s'appuient notamment sur les conclusions complémentaires, mais cohérentes, d'un nombre croissant d'études portant sur la dynamique des aérosols infectieux en milieux intérieurs densément peuplés, lesquels contribuent à la promiscuité (voir la section [Transmission du SRAS-CoV-2](#)). En effet, les conclusions des récentes analyses quantitatives (simulations numériques) menées par Beggs *et al.* (2020), Buonanno *et al.* (2020), Dai et Zhao (2020), Evans (2020), Miller *et al.* (2020), Melikov *et al.* (2020), Anghel *et al.* (2020) et Borro *et al.* (2020); l'étude en laboratoire de Somsen *et al.* (2020) ainsi que les revues de la littérature de Morawska *et al.* (2020) et d'Amoatey *et al.* (2020) mettent toutes l'accent sur l'importance d'assurer la bonne ventilation de ce type de milieux afin de minimiser les risques de transmission de la COVID-19.

5 Mesures pratiques à observer en lien avec la ventilation en période de pandémie

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- ▶ Chaque bâtiment est unique en soi et doit faire l'objet d'une évaluation spécifique au regard des éléments en place pour assurer une ventilation (mécanique ou naturelle, ou bien les deux) optimisée des lieux par des personnes compétentes en la matière, en fonction de la vocation du bâtiment concerné et de son mode d'occupation.

Bâtiments avec un CVCA

- ▶ Veiller à ce que toute intervention menée sur un système de ventilation mécanique soit précédée d'une évaluation de ses différentes composantes par un professionnel compétent.
- ▶ Si le système de ventilation en place le permet, optimiser la ventilation des lieux en augmentant les débits d'apport d'air frais et d'extraction d'air vicié.
- ▶ Lorsqu'une proportion significative de l'air est recirculée, il est recommandé d'ajouter, si possible, au système de ventilation en place un filtre à haute efficacité de type MERV 13 ou plus.
- ▶ Éviter si possible de maintenir certaines stratégies d'économie d'énergie (ex. : ventilation sur demande contrôlée par une minuterie ou par la concentration de CO₂) afin de favoriser une ventilation plus soutenue des lieux.
- ▶ Tenter de maintenir un taux de ventilation minimal en période d'inoccupation du bâtiment afin de favoriser un certain renouvellement de l'air intérieur en continu.
- ▶ S'il y a lieu, veiller à ce que la pressurisation des couloirs centraux communs soit suffisante et maintenue 24 heures par jour.

Bâtiments sans CVCA (pourvus de fenêtres ouvrantes)

- ▶ Procéder à une aération régulière des pièces occupées en ouvrant les fenêtres (de 10 à 15 minutes au moins deux fois par jour).
- ▶ Pour ce faire, il est possible de profiter de certains moments stratégiques de la journée (ex. : début et fin de la période d'occupation, période de pause ou de repas) pour procéder à l'ouverture des fenêtres et des portes des locaux, et ce, même en saison hivernale.
- ▶ Les façons d'appliquer la ventilation naturelle volontaire (ex. : ouverture des fenêtres sur des murs opposés, avec porte ouverte, en combinaison avec des ventilateurs aux fenêtres, etc.) peuvent varier selon les milieux, tandis que leur efficacité relève de nombreux facteurs d'ordre architectural, environnemental et humain (voir l'encadré ci-après).

Bâtiments ou sections de bâtiments sans CVCA et dépourvus de fenêtres ouvrantes

- ▶ Envisager de changer la vocation des pièces et des locaux non ventilés adéquatement (qui ne respectent pas les prescriptions de ventilation requises) s'ils sont occupés par plusieurs personnes.
- ▶ Alternativement, envisager l'application de mesures de ventilation indirecte (ex. : écoulement de l'air forcé par les extracteurs de salle de bain) et l'utilisation de systèmes d'épuration mobile (voir la section sur la filtration).

En période de pandémie, le CCNSE (2020a, 2020c), la REHVA (2020a, 2020b, 2020c), l'ASHRAE (2020a, 2020b), le ministère des Solidarités et de la Santé (MSS, 2020), l'ECDC (2020), le San Francisco Department of Public Health (SFDPH, 2020), l'ACGIH (2020), le Public Health Ontario (PHO, 2020a), l'United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA, 2020), l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2020) et certains chercheurs tels qu'Allen et Marr (2020) recommandent d'appliquer une série de mesures préventives dans les immeubles ventilés mécaniquement. Ces mesures d'ingénierie, dites complémentaires aux mesures de distanciation physique et d'autres mesures de protection, visent à diminuer la transmission de la COVID-19 dans les milieux intérieurs, notamment en augmentant le taux de renouvellement de l'air des espaces occupés (voir l'annexe 4). Il est idéalement recommandé d'augmenter l'apport d'air frais en provenance de l'extérieur et l'extraction de l'air vicié du bâtiment. De plus, il faut éviter d'engendrer des déséquilibres de pression interne non intentionnels ou des flux d'air directionnels turbulents, lesquels pourraient contribuer à disperser les particules virales à plus de 2 mètres des personnes infectées. L'application adéquate de ces consignes pourrait atténuer le transfert de l'air vicié d'une pièce potentiellement occupée par une personne infectée à une autre et réduire la concentration de particules infectieuses dans les autres pièces habitables du bâtiment. L'ASHRAE spécifie que toute intervention menée sur un système de ventilation mécanique doit être précédée d'une évaluation de ses différentes composantes par un professionnel compétent en portant une attention toute particulière au système de contrôle automatisé (ex. : minuterie).

En ce qui concerne les bâtiments non pourvus d'un CVCA, il est recommandé de procéder à une aération régulière des pièces occupées en ouvrant les fenêtres (10 à 15 minutes au moins deux fois par jour) lorsque les conditions climatiques le permettent. À cet effet, certains organismes recommandent notamment de profiter des moments opportuns de la journée (ex. : début et fin de la période d'occupation, période de pause ou de repas) pour procéder à l'ouverture des fenêtres et des portes des locaux, et ce même en saison hivernale, afin de garantir une certaine ventilation du milieu (pour plus d'information, voir l'encadré et les références ci-après).

Les gestionnaires et les administrateurs de bâtiments ainsi que l'équipe responsable de l'entretien et de la mise à niveau du système de ventilation devraient explorer les options d'optimisation sur la base des informations fournies par le fabricant. Il est important de rappeler que le nombre minimum de changements d'air à l'heure, conformément aux réglementations en vigueur (voir l'annexe 5), doit être idéalement assuré à tout moment. Ceci peut être réalisé par l'entremise de la ventilation naturelle ou mécanique ou une combinaison des deux. Dans un contexte de pandémie, les débits prescrits par les standards devraient être considérés comme un minimum lequel gagnerait à être optimisé, par exemple, en maintenant le système de ventilation le plus souvent possible en haute vitesse, ou en introduisant, au moyen de la ventilation naturelle volontaire, la plus grande quantité d'air frais possible en provenance de l'extérieur.

Bien que la distanciation physique et les autres approches de gestion du risque demeurent des mesures à privilégier pour diminuer le risque de transmission, assurer une bonne ventilation peut réduire la concentration de particules virales en suspension dans l'air, ce qui pourrait théoriquement diminuer le risque d'infection associé. Malgré le caractère générique d'une telle recommandation, il est important de souligner que chaque bâtiment est unique et qu'il doit faire l'objet d'une évaluation spécifique au regard de l'application des mesures d'ingénierie par des personnes compétentes en la matière. Alors qu'il existe différentes avenues potentielles d'optimisation de la ventilation, le choix et l'application de ces avenues doivent se faire en accord avec le type de bâtiment concerné, sa vocation et son mode d'occupation ainsi qu'avec la situation épidémiologique prévalente dans le milieu.

Complément sur la ventilation naturelle volontaire

La ventilation naturelle est causée par la différence de pression d'air entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment, l'air se déplaçant des zones de haute pression vers les zones de basse pression. Un tel déplacement d'air peut être notamment généré en procédant à l'ouverture des fenêtres d'un bâtiment ou par infiltration/exfiltration passive au travers de l'enveloppe. Cependant, l'efficacité de cette pratique de ventilation varie, puisque la différence de pression peut être modulée par plusieurs facteurs, dont la différence de température entre l'air intérieur et extérieur, la présence ou l'absence de vent et sa direction, le type, le nombre et la disposition des fenêtres, etc.

Dans le contexte où certains bâtiments ne sont pas munis de systèmes de ventilation mécanique ou que ceux-ci ne peuvent pas délivrer les volumes d'air frais recommandés, le recours à la ventilation naturelle volontaire peut s'avérer une option de rechange ou complémentaire d'intérêt. En revanche, l'efficacité de ce type d'approche pour renouveler l'air intérieur d'un milieu donné demeure conditionnelle à une bonne compréhension des éléments qui pourraient faire entrave à l'écoulement de l'air dans le bâtiment ou le faciliter (architecture des lieux, présence d'obstacles, interaction avec divers systèmes mécaniques, etc.).

Différentes options (ex. : combinaison de mesures) peuvent être envisagées à l'égard de la ventilation naturelle volontaire, ces options devant idéalement faire l'objet d'une évaluation en fonction des caractéristiques propres au bâtiment concerné et aux occupants. Les références suivantes fournissent notamment des exemples de combinaison de mesures possibles :

- ▶ <https://www.epa.gov/coronavirus/indoor-air-homes-and-coronavirus-covid-19>
- ▶ https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44167/9789241547857_eng.pdf;jsessionid=AB83CB5D2D6772AEF579A6A6C88252BE?sequence=1

6 Entretien des systèmes de ventilation en période de pandémie

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

- ▶ Il faut assurer l'entretien régulier des systèmes de ventilation mécanique.
- ▶ Il faut veiller à ce que les registres et les grilles de ventilation (points d'entrée d'air frais et de sortie d'air vicié), incluant la prise d'air extérieur, ne soient pas obstrués par des objets ou par des accumulations excessives de poussières ou d'autres débris.
- ▶ Il faut vérifier le bon fonctionnement de toutes les composantes mécaniques et électriques du système.
- ▶ Il faut s'assurer de la propreté des filtres en place ou de leur remplacement, le cas échéant.
- ▶ Il n'est pas considéré comme nécessaire d'appliquer des mesures supplémentaires de désinfection des conduits de ventilation.

Globalement, la plupart des organismes recommandent de ventiler adéquatement et en tout temps l'ensemble des pièces et des espaces intérieurs occupés et de vérifier périodiquement le bon fonctionnement du système de ventilation mécanique, le cas échéant (ASHRAE, 2020a, 2020b; Bahnfleth *et al.*, 2020; CCNSE, 2020a, 2020c; HCSP, 2020b, 2020c; REHVA, 2020c).

De plus, il est recommandé en cette période de pandémie :

- ▶ d'effectuer l'entretien habituel des systèmes de ventilation mécanique (en se référant au besoin à la norme ASHRAE 180-2018 concernant la pratique standard d'inspection et de maintenance des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation de l'air (CVCA) commerciaux, aux directives du fabricant ou aux guides appropriés – ex. : guide sur l'entretien de systèmes de ventilation en milieu scolaire (http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/reseau/qualite_air_reference_s.pdf) et guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation (<https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-088.pdf?v=2020-07-27>);
- ▶ de veiller à ce que les registres et les grilles de ventilation ne soient pas obstrués par des objets ou par des accumulations excessives de poussières ou d'autres débris;
- ▶ de vérifier le bon fonctionnement de toutes les composantes mécaniques et électriques du système;
- ▶ de s'assurer de la propreté des filtres en place et de leur remplacement le cas échéant;
- ▶ de s'assurer que le filtre est bien dimensionné pour l'appareil;
- ▶ de s'assurer que l'installation du filtre est adéquate (ex. : bien ajuster au niveau des parois du boîtier afin d'éviter tout contournement de l'air au pourtour du filtre).

Enfin, comme les informations actuellement disponibles dans la littérature scientifique indiquent qu'il semble peu probable que le virus conserve son pouvoir infectieux à travers les conduits des systèmes de ventilation, il n'est pas considéré comme nécessaire d'appliquer de mesures supplémentaires de désinfection (ex. : stérilisation par ultraviolets – UV) des conduits de ventilation (Ezraty et Squinazi, 2008). La REHVA (2020a) précise quant à elle que les systèmes de ventilation ne sont pas considérés comme une source de contamination, surtout si les dispositifs automatisés de

contrôle de la ventilation (telles les stratégies d'économie d'énergie et de ventilation sur demande contrôlée par minuterie ou capteurs de CO₂) sont désactivés et qu'il y a peu de recirculation d'air vicié. Les virus associés à des microparticules se déposeront sur la surface des conduits ou seront expulsés à l'extérieur du bâtiment. Par ailleurs, étant des parasites obligatoires, les virus ne se multiplient pas au contact des surfaces de conduits de ventilation humides ou riches en matière organique comme peuvent le faire certaines bactéries et moisissures (Lavoie et Lazure, 1994).

7 La filtration comme mesure d'atténuation du risque infectieux

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À RETENIR

Généralités

- ▶ Les dispositifs de filtration mobiles (aussi appelés unités portables) ou intégrés à même les systèmes de ventilation mécanique – correctement sélectionnés, positionnés, entretenus et utilisés – pourraient contribuer à réduire les concentrations de particules virales de l'air intérieur.
- ▶ Les dispositifs de filtration de l'air intérieur ne peuvent toutefois pas être considérés comme une solution unique pour contrer la dispersion du virus.
- ▶ Ces dispositifs ne sont pas en mesure de contrer la transmission du SRAS-CoV-2 par les contacts rapprochés avec une personne infectée, soit le principal mode de transmission reconnu.
- ▶ D'autres technologies d'épuration de l'air pourraient être prises en compte à titre de mesures d'élimination des organismes pathogènes de l'air intérieur comme l'irradiation par UVC (voir l'encadré plus bas).

Ajout de filtres sur un système CVCA

- ▶ L'ajout de filtres à haute efficacité (MERV 13 et +) et à très haute efficacité (de type HEPA) pourrait constituer une option d'intérêt dans certaines circonstances (ex. : lorsqu'une fraction importante de l'air intérieur est recirculée), selon les capacités du système.
- ▶ Cette mesure d'atténuation demeure toutefois souvent difficile à appliquer dans les systèmes et les unités de ventilation en place en raison, notamment, de la restriction qu'elle engendre dans un dispositif. Dans de telles circonstances, le recours à des mesures complémentaires, telles la ventilation naturelle ou l'utilisation de dispositifs d'épuration portable, pourrait être considéré.

Dispositifs de filtration mobiles

- ▶ L'efficacité des dispositifs de filtration d'air mobiles ou portables dépend de nombreux facteurs, lesquels peuvent s'avérer être autant de contraintes à prendre en compte.
- ▶ La capacité des dispositifs de filtration à réduire les concentrations de particules virales de l'air intérieur d'un volume donné doit être considérée.
- ▶ L'emplacement du dispositif de filtration doit être déterminé avec circonspection et par un professionnel compétent (pour générer un patron d'écoulement de l'air selon le périmètre de la pièce).
- ▶ L'entretien des dispositifs de filtration et de leurs composantes, et plus particulièrement des filtres, est un déterminant de premier plan à prendre en compte pour assurer le maintien de la performance optimale de ces dispositifs à moyen et à long terme.
- ▶ Il demeure important de gérer convenablement le flux d'air sortant de ces appareils en s'assurant notamment que celui-ci ne soit pas dirigé vers le visage des occupants.
- ▶ Dans certains contextes, comme celui associé à l'enseignement scolaire, le bruit généré par les appareils de filtration peut représenter une contrainte qui doit être prise en considération.

Les lecteurs souhaitant en connaître davantage sur les enjeux techniques associés aux dispositifs de filtration sont invités à consulter les références mentionnées ci-dessous :

- ▶ <https://www.gov.uk/government/publications/emg-potential-application-of-air-cleaning-devices-and-personal-decontamination-to-manage-transmission-of-covid-19-4-november-2020>
- ▶ <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/air-cleaners-and-air-filters-home>
- ▶ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7489049/https://schools.forhealth.org/ventilation-guide/>

Dans une revue de la littérature de l'INSPQ publiée en 2019

(https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2543_dispositifs_epuration_air_interieur_residentiel.pdf), les auteurs faisaient notamment ressortir :

- ▶ que les preuves de l'efficacité des dispositifs dans la prévention des problèmes de santé ne sont pas bien établies.
- ▶ qu'aucune technologie d'épuration commercialisée à ce jour n'est en mesure de compenser à elle seule les bénéfices pouvant découler de l'application des méthodes de gestion de base (ou fondamentales) de la qualité de l'air intérieur que sont le contrôle des contaminants à la source et la ventilation optimisée;
- ▶ que les preuves concernant le rendement et l'innocuité de plusieurs technologies d'épuration de l'air actuellement commercialisées demeurent incomplètes, et il s'avère hasardeux de porter un jugement objectif au regard de leur efficacité relative notamment en raison de la grande variété des devis d'évaluation utilisés dans les études consultées.

Parmi les divers procédés d'épuration de l'air intérieur disponibles (pouvant être appliqués à l'aide de dispositifs portables ou mobiles ou intégrés au CVCA), se trouvent la filtration mécanique, l'absorption sur charbon activé, la captation électrostatique, l'ionisation, l'ozonation, le plasma, l'irradiation ultraviolette et la photocatalyse. Dans leur description sommaire de ces technologies et de leurs principales caractéristiques, les auteurs précisent que l'utilisation de plusieurs d'entre elles peut entraîner une exposition collatérale à l'ozone et aux autres coproduits de traitement incomplet des contaminants de l'air. Il y a donc lieu de considérer ces impacts potentiellement négatifs sur la qualité de l'air intérieur avant de sélectionner une technologie donnée. Il y a également lieu de considérer les contaminants visés par les technologies elles-mêmes, puisque plusieurs d'entre elles sont d'abord conçues pour atténuer les concentrations de composés organiques volatils (COV) dans l'air intérieur (ex. : absorption, ozonation, ozonation, photocatalyse).

Or, parmi l'ensemble des technologies disponibles, le procédé de filtration mécanique (notamment à l'aide d'un filtre HEPA, par exemple) constitue une technologie qui vise la captation des particules en suspension et ne génère aucun contaminant potentiellement néfaste si les filtres sont remplacés sur une base régulière. C'est d'ailleurs la technologie portable la plus souvent mentionnée à titre de mesure de prévention complémentaire dans la littérature scientifique en lien avec la pandémie. Celle utilisant l'irradiation ultraviolette est aussi parfois mentionnée (combinée ou non à la filtration), mais cette dernière peut engendrer un risque d'exposition à ce même rayonnement reconnu comme étant cancérigène si des mesures préventives ne sont pas prises à cet égard.

Comme les principaux modes de transmission reconnus du SRAS-CoV-2 sont les contacts rapprochés (incluant les aérosols à courte distance), les divers types d'appareils et de dispositifs d'épuration de l'air intérieur (dont ceux comprenant des filtres à particules) ne peuvent pas être considérés comme une solution unique pour contrer la dispersion du virus. En effet, quoiqu'un dispositif d'épuration muni d'un filtre MERV 13 (ou plus performant) puisse contribuer à réduire la concentration de particules virales dans l'air intérieur, il ne peut pas empêcher la transmission du SRAS-CoV-2 découlant de contacts rapprochés avec une personne infectée, car les plus grosses particules (ex. : gouttes) tendent à se déposer rapidement sur les surfaces avoisinantes ou constituer une source d'exposition pour les personnes à proximité (Heffernan, 2020).

Même si la taille du SRAS-CoV-2 varie de 0,06 à 0,140 μm (Cascella *et al.*, 2020; Christopherson *et al.*, 2020), les particules chargées de virus, qui se dispersent dans l'air ambiant, sont généralement constituées d'un mélange complexe de divers constituants organiques et inorganiques (eau, sels, lipides, protéines, bactéries, autres virus, etc.) conférant aux particules chargées de virus une taille excédant largement le diamètre du virus lui-même (Dietz *et al.*, 2020; Verreault *et al.*, 2008). La présence de SRAS-CoV-2 a été observée dans de grosses particules (gouttes) de même que dans des aérosols (Dietz *et al.*, 2020).

Les filtres généralement utilisés dans les systèmes de ventilation mécanique (MERV 5 à 12) ne sont pas conçus pour retenir des particules de 0,3 μm et de plus faible diamètre. Cependant, ils auraient tout de même un certain pouvoir de captation des particules virales présentes dans l'air intérieur. Selon plusieurs auteurs, l'usage de filtres à haute efficacité (MERV 13 et +) et à très haute efficacité (de type HEPA, filtres permettant de retenir plus de 99,97 % des particules de 0,3 μm et plus) pourrait constituer une option d'intérêt dans certaines circonstances (ex. : lorsque les débits d'air frais requis ne peuvent pas être atteints ou maintenus ou lorsque la proportion d'air intérieur recirculé est importante) pour réduire la dispersion d'agents pathogènes dans l'environnement intérieur (ACGIH, 2020; Allen *et al.*, 2020; ASHRAE, 2020a, 2020b; Dietz *et al.*, 2020; Evans, 2020).

Il demeure toutefois difficile d'installer des filtres plus performants dans les systèmes et les unités de ventilation en place, compte tenu des coûts (d'installation, d'entretien, en énergie) élevés que leur ajout entraîne et des contraintes techniques inhérentes à ce type de filtres – ex. : charge statique supplémentaire, inspection et remplacement périodique (ASHRAE, 2020a; CCNSE, 2020a; Evans, 2020; Ezratty et Squinazi, 2008; Poulin *et al.*, 2019). Des précautions doivent ainsi être prises lors de l'installation de filtres à haute efficacité dans des systèmes de ventilation mécanique afin de s'assurer que la capacité de ces derniers soit suffisante pour accueillir de tels filtres sans nuire à son efficacité à maintenir les taux de ventilation requis, les conditions de température et d'humidité intérieures idéales de même que les pressions différentielles utiles au déplacement cohérent des masses d'air intérieures (ASHRAE, 2020a).

En dépit des contraintes associées à l'utilisation de filtres à haute efficacité dans l'actuel contexte, l'ASHRAE (2020a, 2020b, 2020c), la REHVA (2020a, 2020c), le SFDPH (2020), l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2020) de même que Nardell et Nathavitharana (2020), Morawska *et al.* (2020), Nazarenko (2020) et Christopherson *et al.* (2020) soulignent que les dispositifs de filtration mobiles (unités portables) ou intégrés à même les systèmes mécaniques – correctement sélectionnés, déployés et entretenus – peuvent s'avérer efficaces pour réduire les concentrations de particules virales infectieuses de l'air intérieur. L'ACGIH (2020) et le Harvard School of Public Health (2020) – <https://schools.forhealth.org/ventilation-guide> – précisent d'ailleurs comment calculer les débits d'air épuré requis dans une pièce donnée; il s'agit d'une information-clé pour choisir un appareil possédant une capacité de filtration conforme aux besoins des usagers du milieu.

L'ASHRAE a publié une série de recommandations concernant spécifiquement l'installation, l'utilisation et l'entretien des filtres dans les systèmes de ventilation mécanique ou intégrés dans des unités portables en période de pandémie (ASHRAE, 2020a, 2020e, 2020f). Par exemple, l'application des recommandations liées à l'utilisation est essentielle, car une expérience pilote simulant le flux d'air généré par les appareils de filtration portables suggère que ce type de dispositif a pu contribuer à disperser les particules virales générées par des occupants infectés situés dans le panache d'air sortant (Ham, 2020). Ce cas fait notamment ressortir l'importance de gérer convenablement le flux d'air sortant de l'appareil en s'assurant que celui-ci ne soit pas dirigé vers le visage des occupants (ACGIH, 2020).

En somme, la filtration pourrait être considérée comme une mesure de protection complémentaire à la ventilation, entre autres, pour réduire la charge virale dans l'air à proximité du lit d'une personne infectée ou lorsqu'il n'est pas possible d'atteindre les taux d'échange d'air requis. Les paramètres à prendre en compte (ex. : système de ventilation déjà en place, type de technologie, capacité de l'appareil, emplacement, etc.) en lien avec la mise place et l'utilisation d'appareils de filtration mobiles demeurent tributaires du milieu concerné (ex. : cabinet de dentiste, chambre d'un patient, etc.).

NOTE SUR L'IRRADIATION GERMICIDE PAR LES RAYONS UV

La stérilisation par ultraviolets est utilisée depuis des décennies dans les milieux de soins (et autres environnements intérieurs vulnérables à l'accumulation de bioaérosols) pour le contrôle de maladies respiratoires telle la tuberculose. Selon les résultats de plusieurs études, les rayons UVC (~254 nm) offriraient une plus grande efficacité germicide que les rayons UVA ou UVB. Cet effet désinfectant engendré par le rayonnement UVC provient des dommages cellulaires (cassure des brins d'ADN et d'ARN) que subissent les bactéries et les virus irradiés qui ne peuvent dès lors plus se multiplier. Puisque le rayonnement UVC peut également causer des dommages aux tissus humains tels que les yeux ou la peau, des mesures de protection doivent être déployées pour limiter l'exposition humaine.

Les tubes ou les lampes UV peuvent être installés à même les conduits de système de ventilation mécanique ou dans des dispositifs portatifs ou indépendants combinés ou non à un ventilateur ou à d'autres technologies épuratrices. Alors que l'efficacité de la désinfection est tributaire de la dose (ou de l'intensité) du rayonnement UV délivré, la configuration générale du dispositif, le temps d'exposition et les caractéristiques de l'agent pathogène cible doivent aussi être considérés. La littérature scientifique récente portant sur l'efficacité de l'irradiation germicide par les UV laisse à penser que cette approche de désinfection pourrait s'avérer efficace au regard du SRAS-CoV-2. Cette efficacité reste cependant à démontrer. Globalement, il s'agit d'une mesure qui devrait être utilisée avec prudence et en complémentarité avec la ventilation.

Pour en savoir plus, vous pouvez consulter les liens ci-dessous :

- ▶ <https://ccnse.ca/documents/guide/la-covid-19-dans-les-espaces-clos-mesures-de-desinfection-de-lair-et-des-surfaces>
- ▶ <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.12.20129254v1>
- ▶ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7571309/>

Références

- Aboubakr, H. A., Sharafeldin, T. A. et Goyal, S. M. (2020). Stability of SARS-CoV-2 and other coronaviruses in the environment and on common touch surfaces and the influence of climatic conditions: a review. *Transboundary and Emerging Diseases*.
- Agence de la santé publique du Canada. (2014). *Pratiques de base et précautions additionnelles visant à prévenir la transmission des infections dans les milieux de soins*. Agence de la santé publique du Canada. Repéré à <http://publications.gc.ca/site/fra/9.642347/publication.html>
- Agence de la santé publique du Canada – ASPC. (2020). Mesures communautaires de santé publique pour atténuer la propagation des maladies à coronavirus (COVID-19) au Canada. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/professionnels-sante/mesures-sante-publique-utilisees-reduire-covid-19.html#a6.6>
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH. (2020). White paper on ventilation for industrial settings during the COVID-19 pandemic. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*. Repéré à : https://www.acgih.org/docs/default-source/vent-committee/iv_position-test.pdf?sfvrsn=4b10ba0d_2
- Ahlatwaj, A., Wiedensohler, A. et Mishra, S. K. (2020). An overview on the role of relative humidity in airborne transmission of SARS-CoV-2 in indoor environments. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(9), 1856-1861.
- Allen, J. G. et Marr, L. C. (2020). Recognizing and controlling airborne transmission of SARS-CoV-2 in indoor environments. *Indoor Air*, 30(4), 557-558.
- Amoatey, P., Omidvarborna, H., Baawain, M. S. et Al-Mamun, A. (2020). Impact of building ventilation systems and habitual indoor incense burning on SARS-CoV-2 virus transmissions in Middle Eastern countries. *Science of The Total Environment*, 733, 139356.
- Anghel, L., Popovici, C.-G., Stătescu, C., Sascău, R., Verdeș, M., Ciocan, V., ... Țurcanu, F.-E. (2020). Impact of HVAC-systems on the dispersion of infectious aerosols in a cardiac intensive care unit. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6582.
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020a). ASHRAE Epidemic Task Force releases updated building readiness guide. Repéré à <https://www.ashrae.org/about/news/2020/ashrae-epidemic-task-force-releases-updated-building-readiness-guide>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020b). *ASHRAE position document on airborne infectious diseases*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Repéré à <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/airborne-infectious-diseases.pdf>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020c). *ASHRAE resources available to address COVID-19 concerns*. Repéré à <https://www.ashrae.org/about/news/2020/ashrae-resources-available-to-address-covid-19-concerns>

- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020d). Does ASHRAE's guidance agree with guidance from WHO and CDC? American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Repéré à <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/does-ashrae-s-guidance-agree-with-guidance-from-who-and-cdc.pdf>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020e). Filtration/Disinfection. Repéré à <https://www.ashrae.org/technical-resources/filtration-disinfection#modes>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020f). ASHRAE issues statements on relationship between COVID-19 and HVAC in buildings. Repéré à <https://www.ashrae.org/about/news/2020/ashrae-issues-statements-on-relationship-between-covid-19-and-hvac-in-buildings>
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers – ASHRAE. (2020g). Pandemic COVID-19 and airborne transmission. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Repéré à <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/eiband-airbornetransmission.pdf>
- Bahnfleth, W. P., Knight, D., Conlan, W. et Yates, A. (2020). *The ASHRAE's Epidemic Task Force and ASHRAE guidance for protecting building occupants from COVID-19 and other infectious diseases*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. Repéré à <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/house-eandc-staff-briefing-final-05-18-2020.pdf>
- Bao, L., Gao, H., Deng, W., Lv, Q., Yu, H., Liu, M., ... Qin, C. (2020). Transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 via close contact and respiratory droplets among human angiotensin-converting enzyme 2 mice. *The Journal of Infectious Diseases*, 222(4), 551-555.
- Beggs, C. B. (2020). Is there an airborne component to the transmission of COVID-19?: a quantitative analysis study. *MedRxiv*.
- Binder, R. A., Alarja, N. A., Robie, E. R., Kochev, K. E., Xiu, L., Rocha-Melogno, L. ... Gray, G. C. (2020). Environmental and aerosolized SARS-CoV-2 among hospitalized COVID-19 patients. *The Journal of Infectious Diseases*, 222(11), 1798–1806.
- Biryukov, J., Boydston, J. A., Dunning, R. A., Yeager, J. J., Wood, S., Reese, A. L., ... Altamura, L. A. (2020). Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARS-CoV-2 on surfaces. *MSphere*, 5(4).
- Borro, L., Mazzei, L., Raponi, M., Piscitelli, P., Miani, A. et Secinaro, A. (2020). The role of air conditioning in the diffusion of SARS-CoV-2 in indoor environments: a first computational fluid dynamic model, based on investigations performed at the Vatican State Childrens Hospital. *MedRxiv*.
- Buonanno, G., Stabile, L. et Morawska, L. (2020). Estimation of airborne viral emission: quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *MedRxiv*.
- Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health – CADTH. (2020). *Heating, ventilation, and air conditioning systems in public spaces – CADTH health technology review*. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. Repéré à <https://cadth.ca/sites/default/files/covid-19/hd0002-covid-19-hvac-report-final.pdf>

- Carraturo, F., Del Giudice, C., Morelli, M., Cerullo, V., Libralato, G., Galdiero, E. et Guida, M. (2020). Persistence of SARS-CoV-2 in the environment and COVID-19 transmission risk from environmental matrices and surfaces. *Environmental Pollution*, 265, 115010.
- Casanova, L. M., Jeon, S., Rutala, W. A., Weber, D. J. et Sobsey, M. D. (2010). Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(9), 2712-2717.
- Cascella, M., Rajnik, M., Cuomo, A., Dulebohn, S. C. et Di Napoli, R. (2020). Features, evaluation, and treatment of coronavirus (COVID-19). Dans *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554776/>
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail – CCHST. (2020). *Infographie sur la prévention de la COVID-19 en milieu de travail*. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail.
- Centre de collaboration nationale en santé environnementale – CCNSE. (2020a). *COVID-19 precautions for multi-unit residential buildings*. Repéré à <https://www.ncceh.ca/documents/guide/covid-19-precautions-multi-unit-residential-buildings>
- Centre de collaboration nationale en santé environnementale – CCNSE. (2020b). *La COVID-19 dans les espaces clos – Mesures de désinfection de l'air et des surfaces*. Repéré à <https://ccnse.ca/documents/guide/la-covid-19-dans-les-espaces-clos-mesures-de-desinfection-de-lair-et-des-surfaces>
- Centre de collaboration nationale en santé environnementale – CCNSE. (2020c). *Role of ventilation in influencing COVID-19 transmission risk*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Repéré à https://ncceh.ca/content/blog/role-ventilation-influencing-covid-19-transmission-risk?utm_source=Cyberimpact&utm_medium=email&utm_campaign=2020-07-FR
- Conseil des académies canadiennes – CAC. (2007). *La transmission du virus de la grippe et la contribution de l'équipement de protection respiratoire individuelle – Évaluation des données disponibles*. Répertoire à <https://rapports-cac.ca/reports/la-transmission-du-virus-de-la-grippe-et-la-contribution-de-lequipement-de-protection-respiratoire-individuelle-evaluation-des-donnees-disponibles/>
- Corporation des entreprises de traitement de l'air et du froid – CETAF. (2018). *L'impact de la ventilation sur la santé et la performance des occupants*. Repéré à <https://cetaf.qc.ca/nouvelles-et-evenements/impact-ventilation-sante-performance/>
- Chia, P. Y., Coleman, K. K., Tan, Y. K., Ong, S. W. X., Gum, M., Lau, S. K., Sutjipto, S., ... Marimuthu, K. (2020). Detection of air and surface contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in hospital rooms of infected patients. *MedRxiv*.
- Chin, A. W. H., Chu, J. T. S., Perera, M. R. A., Hui, K. P. Y., Yen, H.-L., Chan, M. C. W., ..., Poon, L. L. M. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*, 1, e10.
- Christopherson, D. A., Yao, W. C., Lu, M., Vijayakumar, R. et Sedaghat, A. R. (2020). High-efficiency particulate air filters in the era of COVID-19: function and efficacy. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, 63(6), 1153-1155.
- Colaneri, M., Seminari, E., Novati, S., Asperges, E., Biscarini, S., Piralla, A., ... Vecchia, M. (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA contamination of inanimate surfaces and virus viability in a health care emergency unit. *Clinical Microbiology and Infection*, 26(8), 1094.e1-1094.e5.

- Correia, G., Rodrigues, L., Gameiro da Silva, M. et Gonçalves, T. (2020). Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission. *Medical Hypotheses*, 141, 109781.
- Dai, H. et Zhao, B. (2020). Association of the infection probability of COVID-19 with ventilation rates in confined spaces. *Building Simulation*, 13(6), 1321-1327.
- Department of Homeland Security – DHS – Science and Technology. (2020). Master question list for COVID-19 (caused by SARS-CoV-2) – Weekly Report.
- Dietz, L., Horve, P. F., Coil, D. A., Fretz, M., Eisen, J. A. et Wymelenberg, K. V. D. (2020). 2019 Novel coronavirus (COVID-19) pandemic: built environment considerations to reduce transmission. *MSystems*, 5(2).
- Döhla, M., Wilbring, G., Schulte, B., Kümmerer, B. M., Diegmann, C., Sib, E., ... Schmithausen, R. M. (2020). SARS-CoV-2 in environmental samples of quarantined households. *Public and Global Health*.
- Dumont-Leblond, N., Veillette, M., Mubareka, S., Yip, L., Longtin, Y., Juvet, P., ..., Duchaine, C. (2020). Low incidence of airborne SARS-CoV-2 in acute care hospital rooms with optimized ventilation. *Emerging Microbes and Infections*, 9(1), 2597-2605.
- European Centre for Disease Prevention and Control – ECDC. (2020). Heating, ventilation and air conditioning systems in the context of COVID-19. Repéré à <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/heating-ventilation-air-conditioning-systems-covid-19>
- Evans, M. J. (2020). Avoiding COVID-19: Aerosol guidelines. *medRxiv*
- Ezratty, V. et Squinazi, F. (2008). Virus influenza pandémique à l'intérieur des bâtiments : quel risque de transmission par les systèmes de ventilation ou de climatisation? *Environnement, risques et santé*, 7(4), 255-263.
- Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. – REHVA. (2020a). *Comment faire fonctionner et utiliser les installations sanitaires et de conditionnement des bâtiments afin d'éviter la propagation du coronavirus (COVID-19) et du virus (SRAS-CoV-2) sur les lieux de travail*. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. Repéré à https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/CoVID-19-REHVA-AICVF.pdf
- Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations – REHVA. (2020b). *How to operate and use building services during the COVID-19 crisis*. Communication présentée au Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. <https://www.rehva.eu/news/article/webinar-how-to-operate-and-use-building-services-during-the-covid-19-crisis>
- Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations – REHVA. (2020c). *How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces*. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf

- Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations – REHVA. (2020d). *How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces – REHVA COVID-19 guidance document*. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. Repéré à https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf
- Fisher, D., Reilly, A., Zheng, A. K. E., Cook, A. R. et Anderson, D. (2020). Seeding of outbreaks of COVID-19 by contaminated fresh and frozen food. *BioRxiv*.
- Food and Drug Administration – FDA. (2020). UV lights and lamps: ultraviolet-C radiation, disinfection, and coronavirus. Repéré à <https://www.fda.gov/medical-devices/coronavirus-covid-19-and-medical-devices/uv-lights-and-lamps-ultraviolet-c-radiation-disinfection-and-coronavirus>
- Goldman, E. (2020). Exaggerated risk of transmission of COVID-19 by fomites. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(8), 892-893.
- Gouvernement du Canada. (2017). Pratiques de base et précautions additionnelles visant à prévenir la transmission des infections dans les milieux de soins. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/pratiques-de-base-precautions-infections-aux-soins-de-sante/partie-a.html#A.II>
- Guo, Z.-D., Wang, Z.-Y., Zhang, S.-F., Li, X., Li, L., Li, C., Cui, Y, ... Chen, W. (2020). Early release—Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerging Infectious Diseases Journal*, 26(7).
- Ham, S. (2020). Prevention of exposure to and spread of COVID-19 using air purifiers: challenges and concerns. *Epidemiology and Health*, 42, e2020027.
- Harbour, D., Haddow, A., Piper, A., Bloomfield, H., Kearney, B., Gibson, K. et Minogue, T. (2020). Modeling the stability of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) on skin, currency, and clothing. *MedRxiv*.
- Haut Conseil de la santé publique – HCSP. (2020a). Coronavirus SARS-CoV-2 : gestion de l'épidémie en cas de survenue de vagues de chaleur. Repéré à <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=817>
- Haut Conseil de la santé publique – HCSP. (2020b). Réduction du risque de transmission du coronavirus SARS-CoV-2 par la ventilation et gestion des effluents des patients. Repéré à <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=783>
- Haut Conseil de la santé publique – HCSP. (2020c). SARS-CoV-2 : actualisation des connaissances sur la transmission du virus par aérosols. Haut Conseil de la santé publique. Repéré à <https://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=894>
- Heffernan, T. (2020). Can HEPA air purifiers capture the coronavirus? *Wirecutter*. Repéré à <https://www.nytimes.com/wirecutter/blog/can-hepa-air-purifiers-capture-coronavirus/>
- Horton, L., Torres, A. E., Narla, S., Lyons, A. B., Kohli, I., Gelfand, J. M., ... Lim, H. W. (2020). Spectrum of virucidal activity from ultraviolet to infrared radiation. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 19(10), 1262-1270.

- Hwang, S. E., Chang, J. H., Bumjo, O. et Heo, J. (2020). Possible aerosol transmission of COVID-19 associated with an outbreak in an apartment in Seoul, South Korea, 2020. *International Journal of Infectious Diseases*.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP. (2020). UVC lamps and SARS-CoV-2 - ICNIRP note on use of UVC lamps to kill/inactivate the coronavirus (SARS-CoV-2). Repéré à <https://www.icnirp.org/en/activities/news/news-article/sars-cov-2-and-uvc-lamps.html>
- Institut national de santé publique du Québec – INSPQ. (2018). *Notions de base en prévention et contrôle des infections : hiérarchie des mesures de contrôle des infections*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2437>
- Institut national de santé publique du Québec – INSPQ. (2020a). *COVID-19 : hiérarchie des mesures de contrôle en milieu de travail*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/3022-hierarchie-mesures-contrôle-milieu-travail-covid19>
- Institut national de santé publique du Québec – INSPQ. (2020b). *COVID-19 : nettoyage et désinfection de surfaces*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/3054-nettoyage-desinfection-surfaces-covid19>
- Institut national de santé publique du Québec – INSPQ. (2020c). *Revue rapide de la littérature scientifique : proportion de personnes asymptomatiques et potentiel de transmission de la COVID 19 par ces personnes*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/covid/2989-asymptomatiques-potentiel-transmission-covid19.pdf>
- Jiang, F.-C., Jiang, X.-L., Wang, Z.-G., Meng, Z.-H., Shao, S.-F., Anderson, B. D. et Ma, M.-J. (2020). Early release - Detection of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA on surfaces in quarantine rooms. *Emerging Infectious Diseases*, 26(9).
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S. et Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *The Journal of Hospital Infection*, 104(3), 246-251.
- Kanamori, H., Weber, D. J. et Rutala, W. A. (2020). The role of the healthcare surface environment in SARS-CoV-2 transmission and potential control measures. *Clinical Infectious Diseases*.
- Lavoie, J. et Lazure, L. (1994). *Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation - Guide technique*. Montréal : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Repéré à <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-088.pdf>
- Lei, H., Ye, F., Liu, X., Huang, Z., Ling, S., Jiang, Z., Cheng, J., ... Zanin, M. (2020). SARS-CoV-2 environmental contamination associated with persistently infected COVID-19 patients. *Influenza and Other Respiratory Viruses*.
- Li, Y., Leung, G., Tang, J., Yang, X., Chao, C., Lin, J., ... Yuen, P. (2007). Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - A multidisciplinary systematic review. *Indoor Air*, 17(1), 2-18.
- Liu, Y., Li, T., Deng, Y., Liu, S., Ong, D., Li, H., ... Li, J. (2020). Stability of SARS-CoV-2 on environmental surfaces and in human excreta. *Journal of Hospital Infection*.

- Melikov, A. K., Ai, Z. T. et Markov, D. G. (2020). Intermittent occupancy combined with ventilation: an efficient strategy for the reduction of airborne transmission indoors. *Science of The Total Environment*, 744.
- Miller, S. L., Nazaroff, W. W., Jimenez, J. L., Boerstra, A., Buonanno, G., Dancer, S. J., ... Noakes, C. (2020). Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *MedRxiv*.
- Moore, G., Rickard, H., Stevenson, D., Bou, P. A., Pitman, J., Crook, A., ... Bennett, A. (2020). Detection of SARS-CoV-2 within the healthcare environment: a multicentre study conducted during the first wave of the COVID-19 outbreak in England. *MedRxiv*.
- Morawska, L. et Cao, J. (2020). Airborne transmission of SARS-CoV-2: the world should face the reality. *Environment International*, 139, 105730.
- Morawska, L., Tang, J. W., Bahnfleth, W., Bluysen, P. M., Boerstra, A., Buonanno, G., ... Yao, M. (2020). How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International*, 142, 105832.
- Ministère des Solidarités et de la Santé – MSS. (2020). *Recommandations en matière d'aération, de ventilation et de climatisation en période d'épidémie de COVID-19*. France : Ministère des Solidarités et de la Santé. Repéré à <https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/covid-19-aeration-ventilation-climatisation.pdf>
- Nardell, E. A. et Nathavitharana, R. R. (2020). Airborne spread of SARS-CoV-2 and a potential role for air disinfection. *JAMA*, 324(2).
- National Academies of Sciences Engineering Medicine – NASEM. (2020). *Rapid expert consultation on the possibility of bioaerosol spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 pandemic*. The National Academies of Sciences Engineering Medicine.
- National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH. (2015). *Hierarchy of controls*. Repéré à <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
- Nazarenko, Y. (2020). Air filtration and severe acute respiratory syndrome coronavirus 2. *Epidemiology and Health*, 42, e2020049.
- Occupational Safety and Health Administration – OSHA. (2016). *Recommended practices for safety and health programs*. Repéré à <https://www.osha.gov/shpguidelines/hazard-prevention.html#ai2>
- Ong, S. W. X., Lee, P. H., Tan, Y. K., Ling, L. M., Ho, B. C. H., Ng, C. G., Wang, D. L., ... Marimuthu, K. (2020). Environmental contamination in a COVID-19 intensive care unit (ICU) – what is the risk? *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 1-28
- Organisation mondiale de la Santé – OMS. (2020). *Questions-réponses : Comment se transmet la COVID-19?* Repéré à <https://www.who.int/fr/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>
- Peyrony, O., Ellouze, S., Fontaine, J.-P., Thegat-Le Cam, M., Salmona, M., Feghoul, L., ... Le Goff, J. (2020). Surfaces and equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in the emergency department at a university hospital. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 230, 113600.

- Poulin, P., Leclerc, J.-M. et Tremblay, F. (2019). *Analyse de l'efficacité des dispositifs d'épuration de l'air intérieur en milieu résidentiel*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2543>
- Qian, H. et Zheng, X. (2018). Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings. *Journal of Thoracic Disease*, 10(Suppl 19), S2295-S2304.
- Ratnesar-Shumate, S., Williams, G., Green, B., Krause, M., Holland, B., Wood, S., ... Dabisch, P. (2020). Simulated sunlight rapidly inactivates SARS-CoV-2 on surfaces. *The Journal of Infectious Diseases*, 222(2), 214-222.
- Razzini, K., Castrica, M., Menchetti, L., Maggi, L., Negroni, L., Orfeo, N. V., ... Balzaretto, C. M. (2020). SARS-CoV-2 RNA detection in the air and on surfaces in the COVID-19 ward of a hospital in Milan, Italy. *The Science of the Total Environment*, 742, 140540.
- Ren, S.-Y., Wang, W.-B., Hao, Y.-G., Zhang, H.-R., Wang, Z.-C., Chen, Y.-L. et Gao, R.-D. (2020). Stability and infectivity of coronaviruses in inanimate environments. *World Journal of Clinical Cases*, 8(8), 1391-1399.
- Rivers, C., Martin, E., Gottlieb, S., Watson, C., Schoch-Spana, M., Mullen, L., ... Inglesby, T. (2020). *Public health principles for a phased reopening during COVID-19: guidance for governors*. The Johns Hopkins Center for Health Security. Repéré à <https://www.centerforhealthsecurity.org/our-work/publications/public-health-principles-for-a-phased-reopening-during-covid-19-guidance-for-governors>
- Roy, C. J. et Milton, D. K. (2004). Airborne transmission of communicable infection - The elusive pathway. *The New England Journal of Medicine*, 350(17), 1710-1712.
- San Francisco Department of Public Health – SFDPH. (2020). Interim guidance: ventilation for non-healthcare organizations during the COVID-19 pandemic. San Francisco Department of Public Health. Repéré à <https://www.sfdcp.org/wp-content/uploads/2020/09/Interim-Guidance-Ventilation-FINAL-2020-09-12.pdf>
- Santarpia, J. L., Rivera, D. N., Herrera, V. L., Morwitzer, M. J., Creager, H. M., Santarpia, G. W., ... Lowe, J. J. (2020). Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. *Scientific Reports*, 10(1), 12732.
- Schuit, M., Ratnesar-Shumate, S., Yolitz, J., Williams, G., Weaver, W., Green, B., ... Dabisch, P. (2020). Airborne SARS-CoV-2 is rapidly inactivated by simulated sunlight. *The Journal of Infectious Diseases*.
- Somsen, G. A., van Rijn, C., Kooij, S., Bem, R. A. et Bonn, D. (2020). Small droplet aerosols in poorly ventilated spaces and SARS-CoV-2 transmission. *The Lancet Respiratory Medicine*, 8(7), 658-659.
- Tan, L., Ma, B., Lai, X., Han, L., Cao, P., Zhang, J., ... Zhang, X. (2020). Air and surface contamination by SARS-CoV-2 virus in a tertiary hospital in Wuhan, China. *International Journal of Infectious Diseases*, 99, 3-7.
- United States Environmental Protection Agency – U.S. EPA. (2020). Ventilation and coronavirus (COVID-19). Repéré à <https://www.epa.gov/coronavirus/ventilation-and-coronavirus-covid-19>
- Vella, F., Senia, P., Ceccarelli, M., Vitale, E., Maltezou, H., Taibi, R., ... Ledda, C. (2020). Transmission mode associated with coronavirus disease 2019: a review. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 24(14), 7889-7904.

- Verreault, D., Moineau, S. et Duchaine, C. (2008). Methods for sampling of airborne viruses. *Microbiology and Molecular Biology Reviews: MMBR*, 72(3), 413-444.
- Walsh, K. A., Jordan, K., Clyne, B., Rohde, D., Drummond, L., Byrne, P., Ahern, S., ... Harrington, P. (2020). SARS-CoV-2 detection, viral load and infectivity over the course of an infection: SARS-CoV-2 detection, viral load and infectivity. *The Journal of Infection*.
- World Health Organisation – WHO. (2020). Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations. Repéré à <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
- Yamagishi, T. (2020). Environmental sampling for severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) during a coronavirus disease (COVID-19) outbreak aboard a commercial cruise ship. *MedRxiv*.
- Yang, W. et Marr, L. C. (2012). Mechanisms by which ambient humidity may affect viruses in aerosols. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(19), 6781-6788.
- Zhang, Y., Li, Y., Wang, L., Li, M., et Zhou, X. (2020). Evaluating transmission heterogeneity and super-spreading event of COVID-19 in a metropolis of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10).
- Zhou, J., Otter, J., Price, J. R., Cimpeanu, C., Garcia, D. M., Kinross, J., ... Barklay, W. (2020). Investigating SARS-CoV-2 surface and air contamination in an acute healthcare setting during the peak of the COVID-19 pandemic in London. *MedRxiv*.

Annexe 1

Méthodologie en bref – Liste de vérification

Les constats rapportés dans ce document sont essentiellement issus de deux brèves revues de la littérature réalisées par les équipes des infections nosocomiales et de la santé environnementale de l'INSPQ. Ainsi, ils apportent une perspective transdisciplinaire. Ces constats s'appliquent à divers milieux intérieurs incluant les milieux de soins même si la littérature scientifique consultée ne visait pas spécifiquement tous les aspects associés à ce type d'environnement (voir la recension des écrits de l'équipe en santé environnementale).

Du côté de l'équipe des infections nosocomiales, une revue des connaissances sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols a été effectuée. Pour ce faire, cette équipe a révisé les publications et les prépublications scientifiques disponibles en date du 15 septembre 2020 et a consulté, à l'aide de mots-clés, des bases de données bibliographiques (Medline, Embase par le moteur de recherche Ovid) en lien avec la transmission par aérosols en contexte de COVID-19 ainsi que la veille scientifique signalétique sur la COVID-19 produite par l'INSPQ. Les données notées à ce sujet proviennent principalement des modèles expérimentaux, des données observationnelles et des données épidémiologiques ainsi que de quelques revues. Pour ce qui est des autres facteurs étudiés (ex. : dynamique des aérosols, contagiosité et dose infectieuse pour le SRAS-CoV-2), les études n'ont pas été colligées de manière systématique.

L'équipe en santé environnementale a pour sa part effectué une recension des écrits portant sur la présence du SRAS-CoV-2 dans l'environnement intérieur et sur les diverses mesures d'atténuation du risque infectieux y étant associées. Cette équipe a effectué une revue de littérature basée sur l'analyse des articles issus de la veille scientifique signalétique sur la COVID-19 produite par l'INSPQ (dont les extraits étaient partagés par l'entremise d'Inoreader) et a employé une stratégie boule de neige pour trouver des études complémentaires sur le sujet. Elle a utilisé la même façon de faire pour répertorier les études portant sur les éclosions de COVID-19 avec des cas de transmission à distance et par l'intermédiaire des fomites. De plus, la même équipe a révisé les articles rédigés en français et en anglais parus jusqu'au 30 septembre 2020, alors qu'elle a intégré à son analyse tous les articles portant sur la transmission par les aérosols et les fomites répertoriés jusqu'au moment de rédiger le présent écrit. Il faut toutefois noter que des références publiées après le 30 septembre ont été intégrées aux encadrés présentés dans le document afin d'apporter les précisions nécessaires au regard des enjeux d'intérêt associés au dossier (ex. : la mesure de CO₂ à titre d'indicateur de la ventilation). Par ailleurs, l'équipe a évalué les articles révisés ou non par les comités de pairs qui étaient disponibles sur MedRxiv. Les études en milieu de soins ont été incluses si elles portaient également sur la population en général ou si les résultats pouvaient se transposer à la communauté.

Enfin, le document a fait l'objet d'un processus de consultation interne auprès des équipes d'experts contribuant aux travaux sur la COVID-19 à l'INSPQ (santé environnementale, santé au travail, infections nosocomiales, mesures populationnelles, gestion des cas et des contacts) ainsi qu'externe (4 réviseurs experts). Les auteurs, les membres du comité scientifique et les réviseurs ont dûment rempli une déclaration d'intérêts. Aucune situation de conflits d'intérêts n'a été relevée sauf pour certains réviseurs qui se trouvent en conflit d'intérêts apparent. Toutefois, aucune mesure particulière de gestion de ces conflits n'a été jugée nécessaire.

Type de réponse rapide – SYNTHÈSE RAPIDE DES CONNAISSANCES

1. Mise en garde méthodologique institutionnelle

OUI NON

Si non, pourquoi? _____

2. Formulation explicite des questions de recherche couvertes ou des objectifs de la synthèse

OUI NON

Si non, pourquoi? _____

3. Stratégie de recherche documentaire (plus d'une réponse est possible)

- a. Utilisation de la veille signalétique institutionnelle quotidienne COVID-19
- b. Utilisation d'une veille signalétique institutionnelle ciblée COVID-19 (ex. : CHSLD)
- c. Utilisation de la veille signalétique institutionnelle sur la littérature grise

Préciser le type de la veille signalétique (par ex., COVID-19 générale ou prévention/promotion) pour a et b et la période d'examen couverte pour les trois.

Veille signalétique institutionnelle, jusqu'au 15 septembre 2020

Veille signalétique santé environnementale, jusqu'au 30 septembre 2020

- d. Établissement d'une stratégie de recherche documentaire spécifique (rétrospective)
Préciser les mots-clés utilisés, les bases de données interrogées (minimalement deux), les sources de littérature grise ainsi que les limites retenues (ex. : langues, date de début et de fin de la période de repérage).

- e. Autre
Préciser

Recherche de la littérature grise pour les positions des organismes reconnus

4. Recours à des critères d'inclusion

OUI NON

Si oui, préciser les critères utilisés.

Pas de critères d'inclusion, mais un critère d'exclusion : les études effectuées en milieux de soins n'ont pas été retenues sauf à quelques exceptions près, soit lorsque des études de qualité présentaient des données d'intérêts transposables hors milieux de soins.

5. Traitement des articles en prépublication

Mention de leur inclusion ou exclusion Repérage facilité dans le document

Les articles en prépublication ont été traités, mais ne sont pas identifiés comme tels dans le document.

6. Extraction des données

Inclusion de tableaux de preuves OUI NON

Cependant, des tableaux d'extraction des données ont été effectués seulement au regard des articles portant sur les aérosols ainsi que sur les surface infectées (fomites), mais n'ont pas été intégrés au présent document.

7. Appréciation de la qualité ou du niveau de preuve des articles ou des autres documents inclus

NON (*À noter que cette appréciation n'est pas essentielle pour ce type de réponse rapide*)

OUI

Si oui, préciser la méthode ou l'approche utilisée.

8. Révision par les pairs (*liste des noms des personnes et de leur provenance à la page de crédits pour b, c et d) (plus d'une réponse est possible)*

- a. par les membres du Comité d'experts concerné
- b. par des membres des autres cellules ou comités thématiques COVID-19 de l'INSPQ
- c. par des réviseurs autres de l'INSPQ n'ayant pas participé aux travaux
- d. par des réviseurs externes à l'Institut n'ayant pas participé aux travaux
- e. aucune révision par les pairs

Annexe 2

Hiérarchie des mesures de contrôle adaptées à la COVID-19

CATÉGORIE	DESCRIPTION	EXEMPLE DE MESURES
Mesures de minimisation des contacts et de leur durée et de distanciation physique	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Limitation du nombre, de la fréquence, de la durée et de la proximité des contacts entre les usagers/les occupants. ▶ Réorganisation des lieux pour permettre la distanciation physique entre les usagers/les occupants. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Minimisation des contacts : Rester à la maison sans recevoir de visiteurs, faire du télétravail, limiter le temps des interactions, éviter les rassemblements, etc. ▶ Distanciation physique : Réduire la densité d'occupation des lieux, maintenir une distance minimale de 2 mètres.
Mesures techniques et d'ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changements à la structure physique, à l'équipement ou à la disposition d'un espace pour réduire le risque de transmission. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Installer des barrières physiques (ex. : cloisons de plexiglas), modifier la disposition des meubles ou modifier les habitudes des occupants (ex. : tables, chaises, files d'attente, sens de la circulation), réduire la nécessité de toucher à certains objets (ex. : ajout de portes automatiques, d'équipements/de stations de lavage des mains automatiques), augmenter l'échange d'air par ventilation naturelle ou mécanique, ajouter de la filtration de l'air, etc.
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Changements au contexte dans lequel les gens interagissent, travaillent, jouent ou socialisent dans un espace donné pour limiter les contacts étroits et réduire les interactions avec l'espace, les objets et les surfaces partagés. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Systématiser le lavage des mains, nettoyer et désinfecter les surfaces fréquemment touchées, offrir de la formation, poser des affiches, diminuer les pratiques de partage (retirer les objets des salles d'attente, modifier l'horaire de pauses des employés pour réduire le partage de la salle de pause), faire la promotion du télétravail et des échanges par courriel et par téléphone, réduire la densité d'occupation des lieux, appliquer des procédures afin de détecter et de compenser financièrement les personnes symptomatiques, les cas ou les contacts afin qu'ils ne se présentent pas au travail, etc.
Mesures de protection individuelle	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Adoption d'une méthode barrière individuelle afin de protéger les usagers/les occupants du virus en plus des mesures déjà mises en place. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Porter un masque médical et une protection oculaire (travailleurs), porter un masque médical ou un couvre-visage (population), etc.

Inspiré de ces sources : ASPC, (2020); Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail [CCHST] (2020); CCNSE (2020b); National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, 2015); OSHA (2016); Rivers *et al.* (2020).

Annexe 3

Résumé de l'application de la hiérarchie des mesures de contrôle des infections en milieux de soins

Mesures techniques et d'ingénierie

Les mesures techniques et d'ingénierie sont des mesures d'infrastructure qui contribuent au contrôle du risque (agents infectieux, sources infectées et environnement) à la source, notamment :

- ▶ la conception des installations;
- ▶ la conception des chambres (ex. : présence minimalement d'une chambre à pression négative à l'urgence);
- ▶ les systèmes de ventilation et la circulation d'air dans les chambres;
- ▶ les systèmes de distribution d'eau;
- ▶ les modèles de circulation humaine (ex. : dans les utilités souillées);
- ▶ la présence de distributeurs de solution hydroalcoolique (SHA) et de postes de lavage des mains (PLM) dans tous les types d'établissements (CH, CHSLD, CLSC, cliniques, etc.) pour faciliter la pratique de l'hygiène des mains;
- ▶ les barrières physiques pour séparer les usagers dans les chambres à lits multiples ou visant à accroître l'espace entre les usagers dans les salles d'attente, entre les civières à l'urgence ou dans les salles de traitement;
- ▶ les barrières pour éviter les éclaboussures provenant des personnes qui toussent ou qui éternuent (ex. : parois de verre dans les réceptions).

Ces mesures devraient être incluses dans les travaux de conception et de construction de nouveaux établissements de santé ou lors de la rénovation d'installations existantes.

Mesures administratives et organisationnelles

Ces mesures sont des politiques, des lignes directrices, des protocoles, des procédures et des règles de soins destinés à prévenir la transmission d'un agent infectieux à un hôte réceptif durant la prestation des soins de santé, notamment :

- ▶ les pratiques de base et l'hygiène des mains par les travailleurs de la santé;
- ▶ les précautions additionnelles;
- ▶ l'hygiène et l'étiquette respiratoires;
- ▶ les mesures d'identification des individus porteurs d'un microorganisme ou atteints d'une infection transmissible;
- ▶ les mesures de protection individuelle pour les travailleurs de la santé (ex. : vaccination);
- ▶ les mesures d'éducation et de formation pour toutes les personnes chargées de mettre ces mesures en œuvre;
- ▶ les protocoles de gestion des éclosions;
- ▶ les mesures d'hygiène et de salubrité;
- ▶ les audits de procédure.

Pour s'assurer de leur efficacité, ces mesures doivent être mises en œuvre dès qu'il y a présence d'une source infectieuse potentielle et doivent être maintenues jusqu'à ce que cette source ait quitté le milieu de soins ou ne soit plus infectieuse. Une application inefficace et inconsistante de mesures administratives risque d'entraîner la transmission d'infections nosocomiales. Pour que des mesures administratives puissent prévenir la transmission d'agents infectieux, les ressources nécessaires doivent être disponibles.

Équipement de protection individuelle (ÉPI)

L'équipement de protection individuelle (ÉPI) est considéré comme étant le dernier « rempart » pour éviter l'exposition aux agents pathogènes. Cependant, compte tenu du fait que les deux paliers de mesures précédents ne sont pas toujours en place ou que ces mesures ne sont pas entièrement efficaces, dépendamment de la situation, le port de l'ÉPI amène un complément. Ce niveau de la pyramide de la hiérarchie des mesures de contrôle de l'infection renvoie à la disponibilité et à l'utilisation adéquate des équipements de protection individuelle : la blouse, les gants, les masques ou les autres appareils de protection respiratoire, les protections oculaires (visière, lunette de protection). Le port adéquat de l'ÉPI par l'hôte réceptif crée une barrière physique entre lui et l'agent infectieux (ASPC, 2014). Il est donc essentiel que toutes les catégories d'ÉPI soient mises à la disposition des travailleurs de la santé et que de la formation concernant leur utilisation appropriée leur soit offerte.

Tiré de :

https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2437_prevention_controle_infections_hierarchie_mesures_controle.pdf

Annexe 4

Mesures recommandées dans les bâtiments possédant des systèmes de ventilation mécanique (CVCA) en période de pandémie

Mise en garde

Une connaissance détaillée du CVCA est primordiale avant toute intervention. L'application d'une intervention ponctuelle sans connaître les limites du CVCA pourrait nuire à l'efficacité du système dans son ensemble. Une bonne connaissance de l'appareil en place sous-tend la prise en compte de sa conception initiale et des modifications apportées ultérieurement, à partir des documents techniques appropriés. Il faut noter que toute évaluation du CVCA doit être effectuée par des spécialistes dans le domaine (ex. : membre d'un ordre professionnel, ingénieur, technologue, hygiéniste du travail, etc.).

- ▶ Tenter d'optimiser le taux de ventilation du système de ventilation mécanique (CVCA) en augmentant le débit d'apport d'air frais et d'extraction d'air vicié; en évitant les déséquilibres non intentionnels de pression, qui pourraient générer le transfert de l'air et favoriser la dispersion des contaminants.
- ▶ Si le système de ventilation en place le permet, optimiser la ventilation des lieux en augmentant les débits d'apport d'air frais et d'extraction d'air vicié.
- ▶ Lorsqu'une proportion significative de l'air est recirculée, ajouter si possible au système en place un filtre à haute efficacité (ex. : MERV 13 – *Minimum Efficiency Reporting Value* – ou à efficacité plus élevée).
- ▶ Veiller à l'entretien (changement) périodique des filtres et des autres composantes du CVCA.
- ▶ Utiliser les dispositifs de récupération de chaleur ou d'énergie en s'assurant qu'ils n'occasionnent pas de contamination croisée.
- ▶ Éviter, si possible, de maintenir certaines stratégies d'économie d'énergie (ex. : ventilation sur demande contrôlée par une minuterie ou par la concentration de CO₂).
- ▶ Tenter de maintenir le taux de ventilation à bas régime (à basse vitesse) en période d'inoccupation du bâtiment au lieu de l'interrompre complètement afin de favoriser le renouvellement de l'air intérieur (24 heures par jour).
- ▶ Si le système doit être mis hors tension, envisager de devancer et de prolonger de 2 heures environ la durée de fonctionnement du système au régime normal, et ce, avant et après la période d'occupation.
- ▶ Veiller à ce que la pression positive appliquée au niveau des couloirs centraux communs, s'il y a lieu, soit suffisante afin d'éviter que l'air des appartements/locaux se diffuse ultimement dans les appartements adjacents. Une telle pression positive devrait d'ailleurs être maintenue 24 heures par jour.
- ▶ Veiller à ce qu'une pression négative soit maintenue dans certaines pièces (telles les toilettes) pour limiter la dispersion des aérosols à l'extérieur de la pièce ou de l'espace concerné. Pour ce faire, des ventilateurs extracteurs devraient être actionnés 24 heures par jour; les fenêtres des toilettes devraient également être fermées si une telle stratégie est employée.
- ▶ Maintenir la température et le taux d'humidité relative aux niveaux usuellement recommandés selon les saisons (voir la recommandation des organismes compétents : <https://qc.ca/qualite-de-l-air-et-salubrite-intervenir-ensemble-dans-l-habitation-au-quebec/qualite-de-l-air-et-salubrite/parametres-de-confort>).

Annexe 5

**Norme, règlement ou code établissant
les taux de ventilation ou les débits d'air
minimaux à appliquer selon le type de milieu**

Norme 62.1 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality de l’American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)

Les normes de l’ASHRAE font souvent office de lignes directrices, et ce, partout dans le monde. Ces lignes sont fréquemment utilisées à titre de référence dans les règlements gouvernementaux, devenant à ce titre des normes légales. Pour prendre connaissance de ces normes, cliquez sur le lien suivant : <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards>

Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST)

Le RSST s’applique à tous les établissements qui sont soumis à la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et a pour objet de protéger les travailleurs œuvrant dans des organisations des secteurs de juridiction provinciale, soit la très grande majorité des établissements du Québec où œuvrent des travailleurs. Il définit les normes minimales relatives aux environnements de travail et à l’exécution sécuritaire de divers travaux. La section XI – Ventilation et chauffage et l’annexe III de ce règlement traitent plus particulièrement de la ventilation. Pour consulter ce règlement, cliquez sur le lien suivant : <http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/S-2.1,%20r.%2013>

Code de construction du Québec, chapitre I – Bâtiment et Code national du bâtiment – Canada 2010 (modifié)

Ce code vise l’encadrement des travaux de construction des bâtiments au Québec. La ventilation des logements, entre autres choses, est traitée à la section 9.32 et à l’article 6.2.2.9. du Code :

- ▶ <https://www.rbq.gouv.qc.ca/lois-reglements-et-codes/code-de-construction-et-code-de-securite.html>
- ▶ <https://www.rbq.gouv.qc.ca/domaines-dintervention/batiment/la-reglementation/chapitre-batiment-du-code-de-construction/entree-en-vigueur-des-modifications-au-chapitre-i-batiment-du-code-de-construction-du-quebec-incluant-le-cnb-2010.html>
- ▶ <https://nrc.canada.ca/fr/certifications-evaluations-normes/codes-canada/publications-codes-canada>

Guide sur la qualité de l’air intérieur dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux

Ce guide fournit une panoplie d’informations pertinentes sur la conception, la calibration, l’utilisation et l’entretien des systèmes de ventilation. Il précise notamment que « [...] *le système doit permettre un apport d’air extérieur conforme à ce qui est spécifié dans la norme ASHRAE 62.1 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality* ». Dans certains cas, les exigences des établissements du réseau de la santé et des services sociaux, qui sont généralement définies en nombres de changements d’air par heure, sont supérieures aux exigences de la norme ASHRAE 62.1. Pour plus d’information, voir le chapitre 1, section 4 – *Critères et normes de conception des systèmes à vocation particulière*, pp. 24 à 34 du guide; cette section précise les exigences de ventilation en fonction du type de pièce ou de salle : <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-410.pdf?v=2020-09-16>

Special Requirements for Heating, Ventilation, and Air-Conditioning (HVAC) Systems in Health Care Facilities

Il s’agit de la cinquième édition de la norme CSA Z317.2 – Exigences spéciales pour les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVCA) dans les établissements de soins de santé; soit l’une d’une série de normes sur la conception, la construction et l’entretien des systèmes de CVCA des établissements de soins et de santé. Elle remplace les éditions précédentes publiées en 1991,

2001, 2010 et 2015. Cette norme est destinée aux architectes, aux ingénieurs, aux planificateurs, aux consultants et au personnel des établissements de santé afin d'assurer la planification, la conception, la construction et l'entretien efficaces des systèmes de CVCA. Pour prendre connaissance de la norme, cliquez sur le lien suivant :

https://webstore.ansi.org/Standards/CSA/CSAZ3172019?qclid=EA1aIQobChMlor2svJK17QIV0fLjBx31CgpgEAMYASAAEgJ-VvD_BwE

Détermination du taux de ventilation

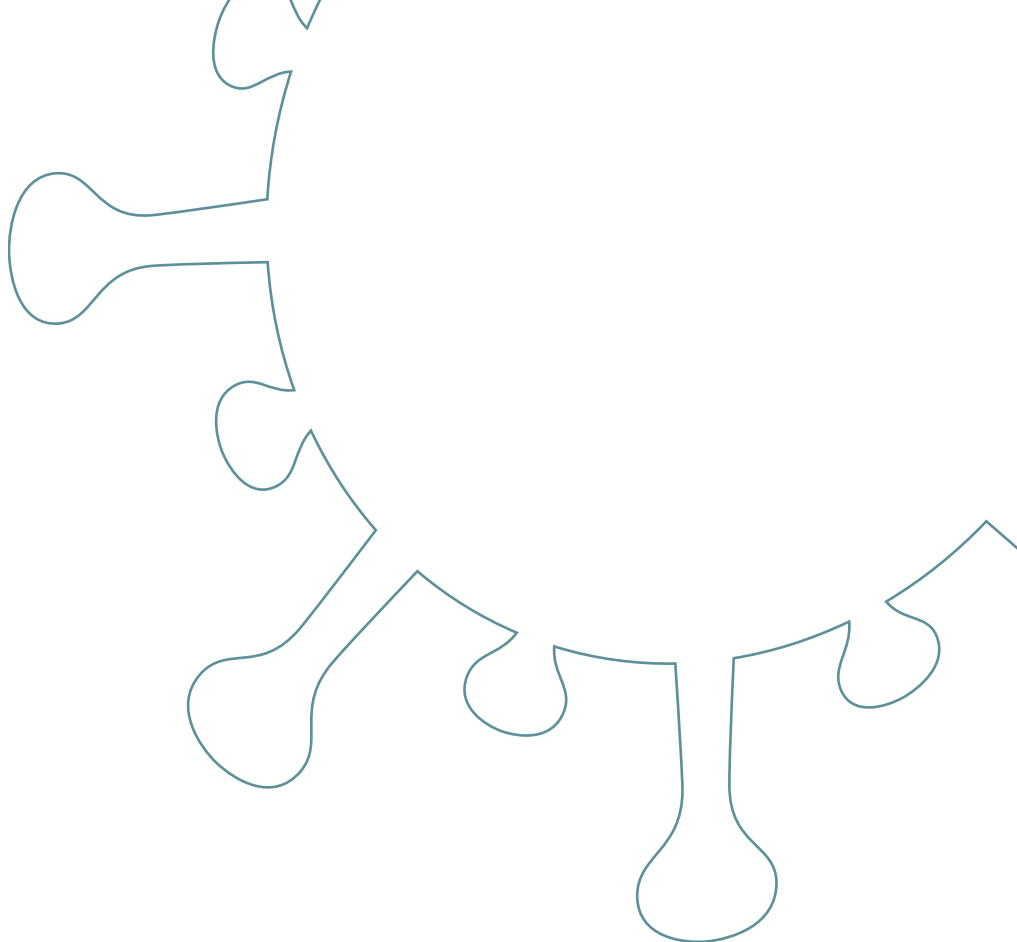
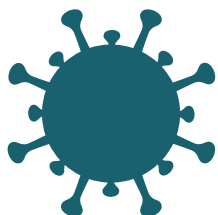
Il existe différents moyens techniques d'évaluer les taux de ventilation mécanique et naturelle (volontaire et passive) des bâtiments résidentiels et institutionnels, qui peuvent être utilisés pour vérifier si les critères de ventilation recommandés sont atteints. Il est ainsi notamment possible d'utiliser, en fonction des différents contextes et besoins :

- ▶ des anémomètres ou des vélocimètres à sondes dans les conduits des systèmes de ventilation pour évaluer les débits d'air entrant ou sortant;
- ▶ des portes soufflantes (*blowing door*) pour évaluer la ventilation naturelle passive (par infiltrations dans l'enveloppe);
- ▶ des gaz traceurs (ex. : PFT) pour mesurer le taux de renouvellement de l'air;
- ▶ les concentrations de CO₂ comme indicateur de ventilation.

Toutes ces techniques possèdent leurs avantages et leurs inconvénients et doivent être appliquées avec rigueur selon les protocoles établis afin de fournir une évaluation adéquate des principaux aspects qui réglementent la ventilation d'un bâtiment. Les références suivantes présentent quelques enjeux méthodologiques à prendre en considération lorsque de telles techniques sont utilisées :

- ▶ [ISO - ISO 16000-26:2012 - Air intérieur — Partie 26: Stratégie d'échantillonnage du dioxyde de carbone \(CO2\)](#)
- ▶ <https://www.astm.org/Standards/D6245.htm>
- ▶ <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PublRSST/T-14.pdf>
- ▶ <https://www.ecohabitation.com/guides/3455/un-test-dinfiltrometrie-pourquoi-comment-combien/>
- ▶ <https://schools.forhealth.org/ventilation-guide/>
- ▶ <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.09.09.20191676v1.full.pdf>
- ▶ http://www.ic.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h_98176.html
- ▶ https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4_23112020_V2.pdf

Centre d'expertise
et de référence



www.inpsq.qc.ca

*Institut national
de santé publique*

Québec

