



Canadian Committee
on Indoor Air Quality

Lutter Contre la COVID-19 dans les Bâtiments

Module 15

Juin 2021

Meg Sears Ph.D

En collaboration avec le Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et avec son approbation.

Module 15

Lutter contre la COVID-19 dans les bâtiments

Première mise à jour, incluant la modélisation de l'estimation des risques pour les variants du SRAS-CoV-2

Juin 2021

Meg Sears Ph.D.

En collaboration avec le Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et avec son approbation

Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments (CCQAIB)

Avertissement

Les guides et autres documents produits par le Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments (CCQAIB), incluant les compilations de données existantes tirées de nombreuses sources et leur application. Bien que le CCQAIB s'efforce dans toute la mesure du possible de vérifier l'exactitude de ces données au moment de la publication, il ne peut pas en garantir la pleine exactitude.

Les membres du Comité sont choisis en fonction de leurs intérêts et de leurs capacités plutôt qu'en tant que représentants de leur employeur ou de groupes ou d'associations en particulier. Les employés des ministères et organismes du gouvernement du Canada qui sont des coordonnateurs experts, des observateurs et des examinateurs font exception. Les points de vue exprimés dans les documents sont donc le reflet des connaissances et du jugement collectifs du Comité, et non de ceux des membres ou de leurs organisations. Les références à d'autres sources et organisations, et les liens vers celles-ci visent à servir de renseignements supplémentaires. Le CCQAIB n'appuie en aucune façon ces organisations, l'information qu'elles diffusent ou les produits qu'elles recommandent.

La qualité de l'air intérieur est une question vaste, et il y a des lacunes dans les connaissances sur les effets de la qualité de l'air intérieur sur la santé des occupants et sur l'efficacité des diverses technologies et solutions de qualité de l'air. Les utilisateurs sont invités à faire preuve de discernement.

Préambule

Le Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments a pour objectif d'améliorer la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments et, en fin de compte, la santé des occupants. Pour ce faire, il offre à l'échelle nationale un forum et un centre d'échange de « connaissances les plus avancées », sur la conception et l'exploitation des bâtiments qui ont une incidence sur la qualité de l'air intérieur.

Son mandat consiste à :

- solliciter et examiner des renseignements pertinents;
- cerner les lacunes et les problèmes;
- offrir un forum de discussion;
- recommander des études;
- élaborer des positions et des pratiques exemplaires fondées sur les « connaissances les plus avancées »;
- diffuser les connaissances;
- promouvoir l'adoption d'exigences, de pratiques exemplaires et de lignes directrices uniformes pour la conception et l'exploitation des bâtiments;
- fournir une orientation pour l'évaluation des solutions et des technologies.

Au départ, le CCQAIB se concentrait sur les bâtiments non spécialisés (p. ex. qui ne sont pas des bâtiments industriels ou de soins de santé), comme des bureaux, des écoles, des espaces commerciaux et des résidences. De nombreux grands bâtiments sont dotés de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation complexes qui sont exploités

et gérés par des personnes compétentes; cependant, certains bâtiments n'ont pas ces systèmes sophistiqués. Les documents produits par le CCQAIB sont destinés à être utilisés par les exploitants d'immeubles et les gestionnaires d'installations, mais les renseignements contenus dans les guides se veulent d'utilité générale pour quiconque cherche à les comprendre. Les modules du CCQAIB ne visent pas à remplacer les publications des organismes de santé fédéraux, provinciaux et territoriaux, mais à les appuyer et à les compléter par des renseignements de base, des renseignements d'experts techniques et des points de vue connexes sur des solutions techniques réalisables, appuyées par des données scientifiques et des documents scientifiques révisés par les pairs et les publications des autorités compétentes.

Cette première mise à jour du Module 15 – Lutter contre la COVID-19 dans les bâtiments comprend des publications scientifiques diffusées depuis la version 1 (août 2020) réalisées dans le cadre d'efforts significatifs visant à limiter la propagation du SRAS-CoV-2. Cette mise à jour conserve une grande partie du contenu original et est élargie pour inclure :

1. les options pour les bâtiments avec une ventilation mécanique limitée ou inexistante;
2. la modélisation de l'estimation du risque de transmission du SRAS-CoV-2, l'estimation de la mesure dans laquelle les interventions non pharmaceutiques (p. ex. masques, ventilation et limites d'occupation) doivent être améliorées pour contrer les variants du virus.

Il s'agit du premier module du CCQAIB portant sur les maladies contagieuses. Étant donné que les connaissances sur les interventions et les stratégies d'atténuation fondées sur des données probantes visant à réduire le risque de transmission du virus évoluent rapidement, le CCQAIB pourrait de nouveau mettre à jour le présent document.

Le Comité invite les lecteurs à lui faire part de leurs commentaires sur tous les documents et à lui faire part de leurs suggestions pour les améliorer. Le Comité sollicite également des idées pour de nouveaux sujets de discussion. Veuillez communiquer avec le CCQAIB à <https://iaqresource.ca/contact-us/>

Reproduction non commerciale

L'information sur le site Web iaqresource.ca a été publiée dans le but qu'elle soit facilement accessible à des fins personnelles et publiques non commerciales. Il peut être reproduit, en tout ou en partie, par quelque moyen que ce soit.

Nous demandons seulement que :

- la diligence soit exercée pour assurer l'exactitude du matériel reproduit;
- le Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments soit reconnu comme étant la source; et que
- la reproduction ne soit pas présentée comme une version officielle du matériel reproduit, ni comme ayant été faite en affiliation avec le CCQAIB ou avec son aval.

Reproduction commerciale

Il est interdit de reproduire des exemplaires multiples du matériel sur le présent site, en tout ou en partie, à des fins de distribution commerciale.

Le Module 15 – Lutter contre la COVID-19 dans les bâtiments et la feuille de calcul de modélisation de l'estimation des risques du COVID-19 du Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments sont disponibles en ligne à partir de la liste des modules du CCQAIB à <https://iaqresource.ca/fr/iaq-guides/>

Remerciements

Le CCQAIB remercie les nombreux examinateurs experts anonymes de leurs commentaires utiles. Nous désirons remercier M. Ali Katal (Université Concordia) pour son aide concernant les estimations des risques et les chiffres utilisés à la section 7.

Résumé

Plus d'un an après le début de la pandémie mondiale, la compréhension de la transmission du coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère-2 (SRAS-CoV-2) et de la maladie à coronavirus-2019 (COVID19) a progressé. Le consensus selon lequel la transmission du virus se fait surtout par le vecteur des particules aéroportées a accru l'attention accordée aux expositions par inhalation. Cependant, de nouveaux défis se dessinent à mesure que le SRAS-CoV-2 évolue et que des mesures préventives comme la vaccination et la prophylaxie ne sont pas disponibles et acceptées de façon uniforme à l'échelle mondiale. Des mesures efficaces et sécuritaires pour prévenir la transmission des maladies à l'intérieur des bâtiments demeurent une grande priorité.

Il s'agit de la première mise à jour du document *Lutter contre la COVID-19 dans les bâtiments*, qui s'appuie sur la publication de 2020. Elle résume les résultats de plus de 250 publications soigneusement choisies, produites par des scientifiques, des experts médicaux, des ingénieurs et des autorités compétentes. Elle intègre l'expertise du Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur (CCQAIB) et a bénéficié d'un examen par des experts externes. Le CCQAIB sollicite des commentaires et de nouveaux renseignements ou des recommandations de sujets à examiner en vue de mises à jour futures (<https://iaqresource.ca/fr/contact-us/>).

La présente mise à jour vise à aider les propriétaires d'immeubles, les gestionnaires, les exploitants et les ingénieurs, les préposés à l'entretien, les autorités scolaires, les employeurs, les occupants et les visiteurs à réduire au minimum la transmission de maladies dans les immeubles, y compris les lieux de travail, les établissements d'enseignement et les espaces publics. Les connaissances appuieront la mise en œuvre de mesures visant à prévenir la transmission du SARSCoV2 par des gouttelettes respiratoires infectieuses et des particules plus petites qui restent en suspension dans l'air (aérosols). Bien que les vaccins, les traitements et la prophylaxie soient cruciaux, la prévention de la transmission est essentielle, car les souches du SRAS-CoV-2 (« variants préoccupants ») évoluent et sont plus contagieux et virulents, et moins sensibles à l'immunité actuelle^{1,2,3,4}. Des listes de vérification et des ressources pour la réouverture des bâtiments et la continuité des activités sont également incluses.

Cette mise à jour est rédigée dans le contexte du besoin de prendre des mesures plus rigoureuses pour contrer les variants préoccupants⁵. La prévention de la transmission d'un virus qui est en suspension dans l'air^{6,7,8} et qui peut être transmis par des personnes asymptomatiques qui ignorent être porteuses de la maladie⁹ pose un défi qui ne peut être relevé qu'au moyen de multiples couches de mesures de protection, conformément aux directives de santé publique^{10,11}. Les voies d'exposition sont comparables à celles de la fumée secondaire et de la fumée tertiaire¹².

Le port adéquat d'un masque bien ajusté, bien fabriqué et efficace^{13,14,15} réduit les émissions de particules par des personnes infectieuses et aide à protéger les personnes vulnérables contre l'inhalation d'une dose infectieuse de particules de virus (virions)¹⁴.

La lutte contre le SRAS-CoV-2 aéroporté dans les bâtiments exige un approvisionnement en air propre adéquat et optimisé assuré par la ventilation (alimentation en air extérieur) par un système de CVC, ou une épuration/désinfection de l'air (p. ex. par filtrage ou peut-être avec lumière ultraviolette); le contrôle d'un apport en air pur; la possibilité de moderniser ou de remplacer des systèmes ou de composants désuets et moins performants; l'utilisation d'équipement auxiliaire et des stratégies visant à maximiser la ventilation par les fenêtres et les portes, même par mauvais temps. L'attention portée aux ventilateurs et aux réglages de la pression d'air devrait permettre de

s'assurer que l'air provenant des zones plus occupées ou potentiellement contaminées (p. ex. les toilettes) est évacué et ne s'écoule pas vers les zones moins occupées ou contaminées.

Les variants préoccupants qui entraînent des éclosions soudaines de COVID-19 exigent des réponses plus rigoureuses. La modélisation de l'estimation des risques de transmission des virions dans l'air bien mélangé (annexe 2 - section 7) illustre l'ampleur considérable des améliorations nécessaires au chapitre de la ventilation, du port du masque et de la limitation du nombre d'occupants et du temps passé dans les espaces partagés. Le port universel et approprié de masques bien ajustés et bien fabriqués (et donc efficaces) offre une option peu coûteuse et rapidement mise en œuvre avec des bienfaits potentiels importants. Pour atteindre des niveaux de risque acceptables, une ventilation extérieure et de l'air pur dépassant les recommandations de l'American Society for Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) peut être nécessaire, selon le lieu, l'efficacité et l'adhérence des masques et le taux d'occupation (nombre et durée du séjour).

Les autres stratégies de ventilation, comme la ventilation par déplacement¹⁶, réduisent le débit d'air horizontal (et donc entre personnes) et augmentent le débit d'air vertical. Il s'agit peut-être d'une stratégie alternative efficace pour limiter la transmission aérienne, et elle mérite d'être étudiée¹⁶.

De nombreux bâtiments plus anciens, y compris les écoles et les foyers de soins, n'ont pas de système de CVC, ni même de système de ventilation mécanique ou de traitement de l'air. Dans ces cas, les options d'atténuation possibles comprennent les suivantes :

- l'ouverture des fenêtres (avec flux croisé), et peut-être l'utilisation de ventilateurs de grande capacité et une attention novatrice au détail pour la ventilation, comme l'échange d'air rapide et intermittent pour évacuer l'air du bâtiment et réduire les charges virales;
- des purificateurs d'air déployés pour intercepter les particules et purifier l'air potentiellement plus infectieux, tout en évitant de diriger les panaches potentiellement infectieux vers les personnes vulnérables et d'améliorer le mélange de l'air;
- lorsque les bâtiments sont occupés, la mesure du dioxyde de carbone (CO₂) a été utilisée pour détecter les « zones mortes » qui indiquent une mauvaise distribution de l'air ou un approvisionnement insuffisant en air extérieur. Comme un espace mal ventilé pourrait être associé à un risque d'infection élevé, des niveaux élevés de CO₂ pourraient correspondre à des « points chauds » de particules aéroportées chargées de virus. Toutefois, cette association deviendrait improbable si l'on utilise des épurateurs d'air (qui éliminent les virions, mais pas le CO₂) ou si d'autres sources comme des appareils au gaz ou les animaux domestiques émettent du CO₂.
- l'amélioration du système de ventilation ou l'installation de nouveaux systèmes.

L'hygiène des mains et le nettoyage de l'environnement, en particulier des surfaces et des objets fréquemment touchés, peuvent interrompre la transmission du SRAS-CoV-2 par les mains, et peuvent aider à limiter la remise en circulation et la transmission de virions dans les particules. Le SRAS-CoV-2 est facilement inactivé et éliminé avec du savon/détergent¹⁷, ou de l'alcool lorsque le lavage n'est pas une option. Santé Canada recommande de ne pas inclure de fragrance dans les désinfectants¹⁸ en raison des risques de réactions allergiques (notamment l'asthme) et d'autres effets indésirables^{19,20}. L'utilisation de produits à faible toxicité protège les populations vulnérables, comme celles qui présentent une sensibilité chimique et une irritation respiratoire ou cutanée, empêche le développement de ces sensibilités chez d'autres¹⁹. Les solutions de rechange plus sécuritaires sont également moins susceptibles de promouvoir la résistance aux antimicrobiens.

Principe du *caveat emptor* (de l'acheteur prudent) avec de nouvelles mesures anti-SARS-CoV-2. Il faut faire preuve de prudence avec les services de pulvérisation spatiale ou de « brumisation » parce que les dispositifs doivent être homologués auprès de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada^{21,22}, et aucun produit n'est actuellement approuvé pour la brumisation contre les virus au Canada²³. Certains produits dont on faisait la promotion au départ aux fins de la désodorisation peuvent causer des dommages aux effets personnels. Les groupes de spécialistes du bâtiment ont réfuté les bienfaits présumés des traitements de surface à action prolongée dans une déclaration commune, affirmant que les antimicrobiens ne devraient être utilisés que comme agents de conservation dans les matériaux de construction, mais pas pour la prévention des maladies²⁴; aucun produit ni traitement de surface n'a été homologué au Canada parce qu'il offrait une protection contre les virus. De plus, les épurateurs d'air qui produisent des ultraviolets et de l'ozone doivent être approuvés par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA)^{21,25}.

L'évolution des connaissances scientifiques et les résultats des approches pragmatiques de précaution à l'égard de la COVID-19 méritent la collecte systématique de données, pour répondre aux questions de recherche actuelles et pour la préparation future en cas de pandémie²⁶.

Lorsque la COVID-19 est présente dans une communauté, on s'attend à ce que le SRAS-CoV-2 soit présent dans les bâtiments. Jusqu'à ce qu'une grande majorité de personnes soient immunisées (actuellement imprévisibles compte tenu des variants préoccupants du SRAS-CoV-2^{4,27,28}) et que le nombre de cas soit très faible, de multiples mesures prises ensemble peuvent réduire l'exposition potentielle des personnes, la transmission du virus, et le nombre de cas graves et de décès.

L'attention portée à l'air intérieur pour l'intervention en cas de pandémie doit tenir compte de la consommation d'énergie et de l'intervention en cas de feux de forêt, dans le contexte des changements climatiques rapides.

Les annexes à cette mise à jour comprennent les suivantes :

- un résumé scientifique traitant de la transmission de la COVID-19, pour aider à comprendre les défis;
- une modélisation d'estimation des risques, une comparaison des risques d'infection avec les variants originaux et plus contagieux du SRAS-CoV-2 en tenant compte des variables suivantes : des masques de diverses efficacités, une ventilation bien mélangée, le nombre d'occupants et la durée d'exposition, et le nombre de personnes infectieuses.

Table des matières

Résumé	v
1. Objet du module	1
2. Introduction	1
2.1. Comment utiliser ce guide	2
2.2. Limitation de la transmission	2
2.3. Transmission du SARS-CoV-2 et de la COVID-19	3
3. Traitement de la transmission aéroportée	6
3.1. Masques	7
3.1.1. Résumé sur les masques	9
3.2. Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC)	9
3.2.1. Mises à niveau du système de CVC	11
3.2.2. Ventilation stratifiée et ventilation par déplacement	13
3.3. Bâtiments avec une ventilation mécanique limitée ou nulle	14
3.4. Désinfection de l'air	15
3.4.1. Filtration	15
3.4.2. Lumière ultraviolette et ozone	16
3.5. Climat et humidité relative	17
3.6. Dioxyde de carbone	18
3.7. Estimation des améliorations nécessaires des mesures contre les particules virulentes en suspension dans l'air	19
3.7.1. Estimation des risques comparant le SRAS-CoV-2 précédent à un variant plus contagieux : Principales constatations	21
4. Exploitation du bâtiment	21
4.1. Réouverture	22
4.1.1. Systèmes d'eau	22
4.2. Nettoyage, assainissement et désinfection	23
4.2.1. Nettoyage	24
4.2.2. Assainissement et désinfection	24
4.2.3. Choix plus sûrs pour assainir et désinfecter	24
4.2.4. Produits avec des allégations antivirales	26
4.2.5. Plan de nettoyage, d'assainissement et de désinfection	28
4.3. Adaptation, modifications, nouvel équipement et nouvelles procédures	28
5. Réponse continue	29
5.1. Détection de la COVID-19 et mesures de santé publique	30
5.2. Mesures sur les lieux de travail et dans les établissements d'enseignement	32
5.3. Aménagements physiques sur les lieux de travail et dans les milieux scolaires	33
5.4. Surveillance, apprentissage continu et préparation	33
6. annexe 1 : Transmission du SARS-CoV-2 et de la COVID-19	35
6.1. Transmission présymptomatique et asymptomatique	36
6.2. Les enfants peuvent être des vecteurs sous-estimés du SRAS-CoV-2	37
6.3. La transmission par voie aérienne est élevée et répandue	38
6.4. Toutes les surfaces à proximité d'une personne infectée peuvent être contaminées	38

6.5.	Évolution de la COVID-19.....	39
6.6.	Une seule santé	40
7.	annexe 2 : Modélisation de la COVID-19 et avantages cumulatifs des mesures visant à traiter la transmission aéroportée	41
7.1.	Introduction	41
7.2.	Scénario de référence	42
7.3.	Limitations.....	43
7.4.	Efficacité du masque.....	43
7.5.	Taux de ventilation.....	44
7.6.	Nombre de personnes infectieuses.....	45
7.7.	Maintenir un faible taux de reproduction.....	46
7.8.	Effets du nombre de personnes infectieuses sur le taux de reproduction pour les interventions non pharmaceutiques (INP)	47
7.9.	Augmentation de la valeur du R_0 avec 1 à 4 occupants infectieux.....	49
7.10.	Conclusion.....	50
8.	Références.....	52
9.	Ressources.....	77
9.1.	QAI Ingénierie et science	77
9.2.	Modélisation et calculateurs	77
9.3.	Santé publique, gouvernement.....	78

Liste des figures

Figure 1.	Taux de reproduction avec une seule personne infectieuse, selon l'efficacité du masque et le temps passé en classe. Les autres paramètres sont les suivants : 19 occupants (un infectieux); ventilation + air pur 0,3 RAH; durée d'exposition de 7 heures.....	44
Figure 2.	Taux de reproduction pour une seule personne infectieuse, selon le taux de ventilation mécanique et le temps passé en classe. Les autres paramètres sont les suivants : 19 occupants; masque d'une efficacité de 50 % pour l'inspiration et l'expiration; durée d'exposition de 7 heures	45
Figure 3.	Taux de reproduction au fil du temps, selon le nombre de personnes infectieuses. Les autres paramètres sont les suivants : 19 occupants au total; ventilation + air pur à 0,3 RAH; masque d'une efficacité de 50 % pour l'inspiration et l'expiration.	46
Figure 4.	Le débit de ventilation, le temps d'exposition et le nombre d'occupants dans une salle de classe doivent maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0, selon l'efficacité du masque. Les paramètres du scénario de référence (sauf indication contraire) sont 19 occupants (un infectieux); ventilation + air pur à 0,3 RAH; durée d'exposition de 7 heures.	47
Figure 5.	Variation de la valeur du R_0 avec l'efficacité du masque, la ventilation + le débit d'air pur, le nombre d'occupants et le nombre de personnes infectieuses, avec des temps d'occupation de 4 heures et de 7 heures. Les paramètres du scénario de référence (sauf indication contraire) sont les suivants : 19 occupants; ventilation + air pur à 0,3 RAH; efficacité du masque à 50 % pour l'inspiration et l'expiration.	49
Figure 6.	Variation de la valeur du R_0 selon le nombre de personnes infectieuses pour le scénario de référence : 19 occupants; ventilation + air pur à 0,3 RAH; efficacité du masque à 50 % pour l'inspiration et l'expiration.....	50

1. Objet du module

Il s'agit de la première mise à jour des lignes directrices du CCQAIB d'août 2020 sur la transmission du nouveau coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère (SARSCoV2) responsable de la maladie du coronavirus (COVID-19) dans les bâtiments. Ce module vise à aider les propriétaires d'immeubles, les gestionnaires, les exploitants et les ingénieurs, les préposés à l'entretien, les responsables de l'éducation, les employeurs, les occupants et les visiteurs à réduire au minimum la transmission de maladies dans les bâtiments, y compris les lieux de travail, les établissements d'enseignement et les espaces publics. Il décrit également les mesures à prendre en prévision de la réouverture du bâtiment après le confinement. Rédigé dans le contexte de l'évolution rapide des connaissances, le présent module s'appuie sur des ouvrages scientifiques (dont certains sont en version pré imprimée) ainsi que sur des sources faisant autorité provenant de gouvernements, de groupes professionnels et d'organisations du milieu de la santé. Des approches prudentes face aux incertitudes entourant la transmission du SRAS-CoV-2 sont privilégiées, à mesure que le virus évolue⁵.

Le module présente des options pour contrer les variants préoccupants; pour récolter les avantages cumulatifs de multiples mesures de prévention, y compris le port du masque, la distance physique, la limitation de l'occupation et des interactions entre personnes, l'amélioration de la ventilation et de la distribution de l'air, l'épuration et la désinfection de l'air¹¹, ainsi que le lavage des mains, le nettoyage et la désinfection^{29,30}. L'ampleur des efforts visant à réduire au minimum la transmission par voie aérienne, à savoir par des gouttelettes, des aérosols et des particules infectieuses, peut être éclairée par la modélisation de l'estimation des risques.

Les sections 3 et 4 portent sur des mesures précises de réponse à la pandémie pour réduire le SRAS-CoV-2 dans les bâtiments, et la section 5 résume les mesures pour les activités en cours. La section 6 fournit le contexte, avec un aperçu de la maladie, de l'évolution et des défis de la COVID-19; tandis que la section 7 décrit les améliorations nécessaires aux mesures préventives pour contrer les variants préoccupants, estimées à l'aide d'un calculateur de risque de la COVID-19.

D'autres modules préparés par le Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur (CCQAI) traitent de nombreux sujets liés à la qualité de l'air intérieur; on peut consulter ces modules à : <https://iaqresource.ca/fr/ressources/>

2. Introduction

La pandémie de COVID-19 pose des défis historiques pour lutter contre les maladies infectieuses. La séance d'information de fin d'année 2020 de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a décrit les nouveaux variants du SRAS-CoV-2, a souligné que la sélection naturelle apportera des variants supplémentaires et que la COVID-19 ne prendra pas fin bientôt³¹. Le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (CEPCM) a décrit en détail les risques et les réactions liés à l'émergence de variants³², et un éditorial de l'Association canadienne de santé publique a fait l'éloge des progrès scientifiques, mais a mis en garde : [traduction] « Non, nous n'entrons pas dans le dernier droit de la pandémie³³. » En avril 2021, les Canadiens qui devraient être immunisés ont été de nouveau infectés par un variant préoccupant (la Colombie-Britannique est devenue le plus

grand point chaud à l'extérieur du Brésil du variant gamma préoccupant³⁴). En mai 2021, le variant delta encore plus infectieux est apparu en Inde. En juin, un commentaire du Journal de l'Association médicale canadienne intitulé « Mitigating airborne transmission of SARS-CoV-2³⁵ » préconisait une plus grande reconnaissance de la transmission aéroportée, une ventilation améliorée et un meilleur accès aux respirateurs N95.

Il est maintenant clair que la voie prédominante de transmission du SRAS-CoV-2 est l'inhalation, même si d'autres voies sont plausibles^{11,36}.

2.1. Comment utiliser ce guide

Aucune mesure unique ne permettra de prévenir de façon fiable la transmission du SRAS-CoV-2 dans les espaces intérieurs quotidiens, de sorte que la coopération des propriétaires d'immeubles, des exploitants, des gestionnaires, des occupants et des visiteurs est essentielle pour mettre en œuvre autant d'options que possible qui offrent des couches de protection contre la transmission virale¹¹.

Le présent guide décrit en détail les mesures prises au cours des opérations courantes pour réduire au minimum la transmission du SRAS-CoV-2 dans les bâtiments avec et sans ventilation mécanique, et il traite des principes à prendre en considération, de la conception et de la mise en œuvre de diverses solutions pour réduire au minimum l'exposition au SRAS-CoV-2 dans les bâtiments, en plus d'énumérer les mesures et les considérations recommandées pour la réouverture des bâtiments qui ont eu peu ou pas d'occupants pendant un certain temps.

Les annexes comprennent :

- un aperçu des connaissances croissantes sur la COVID-19, afin de comprendre le contexte, les défis et les échéanciers possibles pour les mesures de santé publique (annexe 1 – section 6);
- une estimation de la réduction du risque de contracter la COVID-19 selon l'efficacité du masque, la ventilation de l'espace ou l'occupation, pour les variants originaux et plus contagieux (annexe 2 – section 7).

2.2. Limitation de la transmission

De multiples mesures complémentaires peuvent, ensemble, limiter la transmission de la COVID-19. Celles-ci comprennent :

- **Élimination ou contrôle de la source**

Le SRAS-CoV-2 se transmet par les personnes, alors l'« élimination de la source » comprend le port d'un masque efficace (à la fois pour le contrôle des sources et une certaine protection personnelle, section 3.1), l'isolement à la maison en cas de maladie, la détection et l'isolement rapides des cas de COVID-19, ainsi que le dépistage et la mise en quarantaine des contacts (section 5.1). Le « contrôle » comprend la réduction de la transmission aéroportée à l'intérieur d'une installation (sections 3 et 7), ainsi que le nettoyage, l'assainissement et la désinfection (section 4.2).

- **Les contrôles techniques**

Maximiser l'approvisionnement en air extérieur (ventilation); optimiser la distribution, la filtration et l'assainissement de l'air; apporter des améliorations comme des purificateurs d'air locaux pour la désinfection, et des écrans/cloisons et des diviseurs

pour intercepter les gouttelettes et rediriger le débit d'air potentiellement contaminé; utiliser toute aide pour réduire au minimum les niveaux d'aérosols infectieux dans les zones respiratoires des occupants (section 3);

- **Les contrôles administratifs (politiques et protocoles pour limiter la propagation de la COVID-19)**

Voici quelques exemples : télétravail/apprentissage en ligne; mesures détaillées sur place (section 5), comme la distance physique avec la disposition physique des lieux de travail (p. ex. sièges/postes de travail), les déplacements sur les lieux (p. ex. des couloirs ou cages d'escalier à sens unique, un nombre limité d'usagers dans les ascenseurs); l'évaluation de l'état de santé avant et après le travail, l'établissement d'horaires permettant de réduire et d'échelonner le taux d'occupation des lieux, la création de petites « cohortes » pour les rencontres en personne, les congés de maladie payés et (en collaboration avec la santé publique) et la collaboration avec les ceux qui des connaissances propres au site pour le dépistage rétrospectif par la santé publique (avec le test COVID-19 sur les cas et les contacts possibles, la mise en quarantaine en cas de risque de maladie et l'isolement en cas de maladie), ainsi que l'intervention en cas d'éclosion et la décision de fermer temporairement les installations;

- **La protection personnelle et les pratiques de prévention**

Utilisation appropriée de respirateurs/masques faciaux efficaces, la protection des yeux (au besoin, des lunettes de protection, des lunettes ou écrans faciaux) (section 3.1), l'éloignement physique tout en tenant des rencontres personnelles brèves, l'hygiène des mains, l'étiquette respiratoire, se faire tester selon les indications, la mise en quarantaine et l'isolement si nécessaire, ainsi que le soutien mutuel pour coopérer de bonne foi (section 5).

La réponse à la pandémie comporte de multiples facettes. Le nettoyage et la désinfection des mains et des surfaces ont été ciblés tôt pour freiner la propagation dans la communauté³⁷, alors que la transmission du SRAS-CoV-2 par des particules en suspension dans l'air (gouttelettes et aérosols) est maintenant reconnue comme une voie clé à prendre en charge^{13,15}. Pour mettre les choses en contexte, d'autres réponses au-delà de la portée immédiate du présent document comprendraient les restrictions imposées par le gouvernement en matière de commerce, de fréquentation scolaire, de rassemblements et de déplacements; la surveillance de la santé publique, le dépistage, les tests, la recherche de contacts, l'isolement et la quarantaine; les congés de maladie payés pour les travailleurs; les réponses médicales comme le traitement et la prophylaxie (p. ex. les vaccins).

Certains bâtiments ont été fermés ou exploités avec une faible occupation. La section 4 décrit en détail les directives relatives à la réouverture. Le rinçage/nettoyage et la remise en service des systèmes de traitement de l'eau et de l'air sont des priorités absolues pour limiter les effets sur la santé, en éliminant à la source les dangers biologiques et chimiques infectieux et toxiques non liés au SARRS-CoV-2. L'équipement de traitement de l'air de taille appropriée peut être utilisé de différentes façons ou être redéployé pour la ventilation ou l'épuration de l'air.

2.3. Transmission du SARS-CoV-2 et de la COVID-19

La réduction de la transmission du SRAS-CoV-2 exige de comprendre comment se produit la transmission. Les principaux points sont résumés ici, et l'annexe 1, section 6, traite plus en détail des connaissances scientifiques sous-jacentes aux impératifs pour une occupation réussie des bâtiments.

La COVID-19 commence par la transmission du SRAS-CoV-2 aux muqueuses (voies respiratoires, yeux ou tractus gastro-intestinal). Les risques sont accrus à l'intérieur si la ventilation est inadéquate, et ils s'aggravent lorsqu'on ne porte pas un masque efficace, qu'on se trouve dans des espaces surpeuplés, qu'on rencontre fréquemment ou de façon prolongée (plusieurs minutes) des personnes à proximité ou qu'on participe à des activités qui augmentent les émissions respiratoires comme le fait de chanter, de crier, de faire de l'exercice ou même simplement de parler^{38,39}.

La **modélisation de l'estimation des risques** (annexe 2 – section 7) est utilisée pour comparer les effets des interventions non pharmaceutiques (INP) sur les risques d'infection à l'intérieur avec le SRAS-CoV-2 de type sauvage (original) ou un variant plus infectieux. La dose infectieuse de SRAS-CoV-2 est inconnue, mais « quanta » représente la charge infectieuse émise par une personne infectée, selon les activités⁴⁰. Le concept a été étalonné à l'aide de données provenant d'événements de propagation antérieurs^{41,42}, appliquées avec succès aux environnements bâtis⁴³ et aux véhicules de transport en commun⁴⁴, et étoffé dans le contexte de variants dans plusieurs scénarios supplémentaires⁴⁵. La modélisation de l'estimation des risques illustre que les détails des INP, et leur respect, doivent être considérablement améliorés pour contrer les variants. Les termes de la modélisation de l'estimation des risques [entre crochets] comprennent les conseils de santé publique suivants :

- **Le quanta du virus expiré dans les espaces partagés dépend :**
 - du nombre de personnes infectieuses [sources], la quantité et l'infectiosité du virus exhalé par chaque source [variant], [port du masque] et [activités] (p. ex. chanter, faire de l'exercice, parler fort ou calmement, rester assis tranquillement). Le quanta est dérivé de la propagation observée du virus.
- **Évitement (distanciation) et protection :**
 - réduire au minimum les interactions entre personnes non essentielles avec d'autres personnes à l'extérieur du ménage immédiat [modélisé comme occupation – nombre de personnes et taille de l'espace]
 - s'assurer que les interactions qui doivent avoir lieu se font :
 - en respectant la plus grande distance physique possible [pour une pièce de taille donnée, une occupation plus faible signifie un plus grand espacement entre les personnes]
 - aussi peu souvent et aussi brièvement que possible [réduire au minimum le temps d'exposition]
 - en évitant les espaces mal ventilés ou surpeuplés [ventilation, dimensions de la pièce et occupation]
 - en portant un masque bien ajusté, bien construit et efficace pour se protéger et protéger les autres [modélisé en fonction de la fraction des occupants qui portent un masque et de l'efficacité des masques lorsqu'ils inspirent et expirent]
- **Élimination du virus :**
 - ventilation et purification de l'air, ainsi que dépôt de gouttelettes et inhalation [tous ces modes sont estimés; le nettoyage des surfaces et des mains ne l'est pas]
- **Temps :**
 - les expositions prolongées ou répétées, même à de faibles concentrations, peuvent constituer une dose infectieuse⁴⁶ [temps d'occupation]

Dans le cadre des mesures visant à réduire au minimum la présence et la transmission d'agents infectieux, il faut relever des défis importants liés au SRAS-CoV-2, qui sont différents des défis

liés à certaines épidémies antérieures, telles que le SRAS⁴⁷. Comme l'explique la section 6 de l'annexe 1, les hypothèses de travail qui ont évolué depuis le début de la pandémie comprennent les suivantes :

- **Reconnaissance de la transmission présymptomatique et asymptomatique**^{9,48}
 - La recherche des contacts pour identifier la source ou le porteur précédent de l'infection peut être infructueuse en dehors des contextes d'éclosion (p. ex. données de l'Ontario⁴⁹); cela est en partie attribuable aux porteurs asymptomatiques⁵⁰, y compris les enfants⁵¹. Au début de l'infection, les personnes exhalent des millions de virions de SAR-CoV-2 à l'heure⁵²;
- **La transmission par les enfants mérite attention**^{51,53,54,55,56,57}
 - Les enfants peuvent transporter des charges infectieuses élevées sans présenter de symptômes⁵⁸, et sont plus vulnérables aux variantes⁵⁹. Lorsque le virus est actif dans la collectivité, de nombreux cas asymptomatiques ont été mesurés chez les étudiants canadiens^{60,61}. Le Journal de l'Association médicale canadienne a signalé que : [traduction] « l'enseignement dans des salles de classe surpeuplées et mal ventilées pourrait faire en sorte que les élèves soient des vecteurs importants de la COVID-19. »⁵⁷ En juin 2021, l'Ontario a cité l'augmentation prévue du nombre de cas, en particulier de variants préoccupants, comme raison de ne pas rouvrir les écoles avant une plus grande couverture vaccinale⁶².
- **Transmission sur des distances supérieures à deux mètres**
 - Les particules respiratoires chargées de virus vont de grosses gouttelettes d'une toux ou d'un éternuement à des sécrétions plus fines et des aérosols infectieux exhalés lorsque la personne porteuse crie, chante, parle et respire, qui, à leur tour, sèchent en particules plus fines qui peuvent demeurer en suspension dans l'air et infectieuses pendant plusieurs heures^{41,63,64,65}. Le SARSCoV-2 a été transmis par des courants d'air intérieurs par un hôte infecté à plusieurs autres personnes assises à plus de deux mètres dans un restaurant⁶⁶, dans un centre d'appels mal ventilé et bondé⁶⁷, dans un foyer de soins⁶⁸, par un chanteur infectieux à plusieurs autres membres de la chorale pendant une répétition⁶⁹ et dans un immeuble d'appartements par des événements de plomberie⁷⁰. La transmission aéroportée est citée parmi les raisons pour lesquelles la maladie a persisté à des niveaux beaucoup plus élevés dans les districts qui mettaient en doute le bien-fondé des mesures de santé publique et où les INP étaient moins rigoureuses. Par contraste, la COVID-19 a été éliminée avec plus de succès dans les administrations où des mesures de santé publique rigoureuses avaient été mises en place, en particulier en exigeant et même en fournissant des masques de grande qualité^{71,72,73,74,75,76}.

La « lumière au bout du tunnel » – résultats de la vaccination – est attendue avec impatience⁵⁹, surtout chez les personnes âgées vaccinées⁷⁷. Une mise en garde s'impose toutefois : les mutations des coronavirus peuvent modifier le mode de transmission, l'évolution de la maladie et l'efficacité de l'immunité préexistante⁷⁸. Les vaccins actuels sont au moins partiellement efficaces contre les nouveaux variants préoccupants^{79,80}, mais avec les mutations continues et la pression évolutive pendant le déploiement du vaccin, il est possible que l'efficacité élevée des vaccins au départ s'atténue avec le temps. Heureusement, les plateformes de vaccins de pointe sont en cours d'ajustement pour tenir compte des variants⁸¹. Fait important, l'utilisation de pratiques de protection individuelle multiples, l'interception physique de virions par le port du masque et l'assainissement de l'air, sont intrinsèquement efficaces même si elles sont mises à l'épreuve par une transmissibilité accrue.

Le respect irrégulier et limité à l'échelle mondiale des conseils de santé publique liés au port du masque et à la distance physique⁸², ainsi que les défis liés au déploiement du vaccin et à l'augmentation des taux de COVID-19 avec des variants plus contagieux, sont autant de facteurs qui rendent les efforts de réduction de la transmission d'autant plus importants. Bien que certaines provinces et administrations internationales, particulièrement celles qui sont plus isolées, atteignent et maintiennent avec rigueur un très faible nombre de cas, la réalité de « devoir vivre avec la COVID-19 » est peut-être un scénario plus probable dans d'autres régions. On s'attend à ce que la vaccination facilite la résilience, mais il est possible que la maladie s'impose comme réalité à long terme, du moins de façon saisonnière. Les mesures visant à réduire au minimum la transmission des maladies sont importantes pour réduire à la fois les infections et les possibilités de mutation. Cela est particulièrement vrai dans les bâtiments, en particulier ceux qui sont mal ventilés et où la distance physique et les opérations de nettoyage/désinfection sont plus difficiles (p. ex. les foyers de soins, les logements d'urgence et certaines écoles).

3. Traitement de la transmission aéroportée

Le SRAS-CoV-2 se transmet d'une personne infectieuse à une personne vulnérable, principalement au moyen de petites particules infectieuses en suspension dans l'air, y compris des « aérosols^{8,41,83,84} ». Tandis que les masques, les barrières et la distance physique sont efficaces pour réduire l'exposition aux gouttelettes qui se déposent au sol, cette section traite de la façon dont l'inhalation de particules initialement inférieures à 100 µm (qui rétrécissent à mesure qu'elles s'assèchent et peuvent demeurer en suspension dans l'air pendant plusieurs heures) peuvent être réduites grâce à des masques efficaces, à la ventilation et à l'épuration de l'air.

La ventilation (échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur) déplace continuellement certaines particules infectieuses à l'extérieur et dilue les particules restantes avec l'air venant de l'extérieur. Dans les bâtiments dépourvus de ventilation mécanique (p. ex. avec des radiateurs ou à air pulsé sans échange d'air – c.-à-d. recirculation intégrale), les options comprennent l'exploitation de la « ventilation naturelle » par les fenêtres, les portes et les événements, en plus de l'infiltration incontrôlée (bâtiments qui fuient). Lorsque la ventilation est insuffisante, on peut utiliser de l'équipement dans les conduits ou autonome pour filtrer/désinfecter l'air recirculé.

Les stratégies de réduction des concentrations de SRAS-CoV-2 dans l'air intérieur sont abordées pour :

1. les bâtiments dotés de systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC) à air pulsé (système avec conduits);
2. les bâtiments avec chauffage à air pulsé et peut-être un système de refroidissement, mais sans système de ventilation mécanique pour échanger l'air intérieur contre l'air extérieur;
3. les bâtiments plus anciens, y compris certains bâtiments institutionnels (p. ex. écoles, foyers de soins, lieux de culte, centres communautaires, motels) qui dépendent de la chaleur rayonnante locale (p. ex. plinthes chauffantes ou radiateurs à eau chaude ou à vapeur) et qui ont peu ou pas de systèmes de chauffage (p. ex., montés sur des fenêtres), de refroidissement ou de ventilation à l'air pulsé.

3.1. Masques

Un masque est le premier (en expirant) et le dernier (en inspirant) filtre à air/couche de protection pour les autres et pour vous-même contre le SRAS-CoV-2⁷⁵. Les données probantes montrent clairement les avantages de l'utilisation de masques bien portés, bien construits et bien ajustés (c.-à-d. efficaces) à l'échelle de la collectivité⁸⁵. Seul un masque peut intercepter les virions à une distance rapprochée.

Le Canada⁸⁶ et l'OMS⁸⁷ formulent des recommandations sur la ventilation et l'utilisation généralisée de masques multicouches bien ajustés. Le port du masque est requis dans les espaces intérieurs partagés (p. ex. lieux de travail, écoles, magasins) et les espaces extérieurs occupés, surtout lorsque la distance physique n'est pas possible. Dans une lettre adressée à la communauté médicale et aux organismes nationaux et internationaux pertinents, 239 scientifiques ont présenté de l'information scientifique et exhorté à reconnaître la transmission aéroportée de la COVID-19⁸⁸. En appui à la santé publique, Masks4Canada.org aide à accroître la sensibilisation et fournit des renseignements détaillés sur le port approprié des masques qui assurent un ajustement et un filtrage approprié.

La modélisation de l'estimation des risques liés à la COVID-19 peut être utile pour prédire les tendances. En novembre 2020 (avant la reconnaissance généralisée de variants plus contagieux), l'équipe des prévisions liées à la COVID-19 de l'International Institute for Health Metrics Evaluation a estimé que l'utilisation d'un masque universel préviendrait plus de 700 000 décès d'ici le 1^{er} mars 2021⁸⁹. En réponse aux variants, l'efficacité et l'utilisation améliorées du masque pourraient réduire considérablement la dose de virions inhalés, avec une adhésion accrue à d'autres mesures de protection contre l'exposition par inhalation (ventilation, distance physique, limites des regroupements). La modélisation de l'estimation du risque de transmission du SRAS-CoV-2 dans de l'air bien mélangé (section 3.3 et section 7 de l'annexe 2) indique qu'en plus de la distance physique, le port universel de masques efficaces à au moins 80 % pourrait réduire à lui seul et de façon importante les risques de contracter la COVID-19.

Dans les lieux de travail industriels ou les milieux de travail où l'exposition à des particules dangereuses peut être élevée ou prolongée, les travailleurs portent habituellement un appareil de protection oculaire et un respirateur en caoutchouc éprouvé avec cartouches filtrantes à haut rendement ou un respirateur N-95 (ou l'équivalent). La protection contre les particules infectieuses comme le SRAS-CoV-2 est toutefois bidirectionnelle et l'équipement de protection suivant **n'est pas recommandé contre le SRAS-CoV-2** :

- appareils de protection respiratoire à épuration d'air motorisée (PAPR) – ils ne protègent pas les autres d'une personne infectée et peuvent propager d'autres particules infectieuses. Ils sont également coûteux, bruyants au point de nuire à la communication et difficiles à entretenir⁹⁰;
- respirateurs avec valves d'expiration (pour faciliter la respiration), car l'air expiré n'est pas filtré;
- masques N-95 avec soupapes d'expiration, utilisés pour protéger contre la poussière dans les métiers.

Les masques N-95 sans valve sont utilisés pendant les soins intensifs et invasifs des patients atteints de COVID-19, plutôt que les masques chirurgicaux/opératoires selon le niveau de risque⁹¹. Les travailleurs essentiels sont aux prises avec des pénuries de masques N-95 en milieu de travail, tandis que les médecins et le personnel infirmier qui sont témoins du développement de la maladie chez des collègues soutiennent qu'un équipement de protection individuelle (EPI) de plus grande

qualité est essentiel pendant la pandémie et que, si l'approvisionnement est limité, il faut accorder la priorité de distribution à ces travailleurs⁹². Heureusement, les pénuries observées au début de la pandémie ne posent plus de problème cette deuxième année.

Les masques en tissu ne sont pas soumis aux mêmes critères de qualité que les respirateurs, mais des masques bien conçus, bien ajustés et bien portés peuvent également offrir une protection appropriée à la fois pour la personne qui les porte et pour les autres^{13,14,85}. Les petites particules sont capturées lorsqu'elles rencontrent ou percutent des fibres, et par attraction électrostatique. Les masques multicouches à texture élevée contenant une couche filtrante comme le polypropylène non tissé ou le coton (p. ex. rembourrage ou tissu d'interface) peuvent protéger la personne qui les porte contre l'inhalation de particules infectieuses^{14,86,93}. Le contournement du masque par l'air pose un risque important et inutile, de sorte que les masques ne doivent pas limiter outre mesure le débit d'air et doivent être portés de façon appropriée pour couvrir le nez, la bouche et le menton en portant attention de bien l'ajuster autour des bords^{94,95,96}. Un masque mieux ajusté de manière à éliminer les espacements peut être obtenu à l'aide d'une bande métallique qui appuie le masque contre le nez et les joues, en resserrant les attaches de la tête ou les fixations ajustables aux oreilles, et peut-être à l'aide d'un ajusteur ou d'un arc de masque, des élastiques à l'arrière de la tête plutôt que seulement des fixations ajustables aux oreilles, en liant la fixation aux oreilles avec une pince à cheveux à l'arrière, afin d'améliorer l'ajustement avec une bonneterie sur le masque et sous la tête et le cou, ou même un masque « doublé » ou « à couches superposées ». Masks4Canada.org et les US Centers for Disease Control and Prevention (CDC) donnent des renseignements détaillés sur des options pour améliorer l'ajustement et la filtration du « couvre-visage »^{96,97}, et une norme consensuelle de l'ASTM a été publiée pour les « reusable barrier face coverings » (revêtements réutilisables pour les couvre-visages), traitant de la capture des particules, de la résistance à l'air ou de la « respirabilité » et de l'ajustement⁹⁸.

La **protection oculaire et les écrans faciaux** ne peuvent pas remplacer les masques, mais ils peuvent offrir une protection supplémentaire et complémentaire des membranes muqueuses des yeux⁷³. En effet, la protection des yeux est considérée comme une lacune importante dans l'interception des particules qui transmettent le SRAS-CoV-2⁹⁹. Les écrans faciaux de style médical qui s'ajustent bien au sommet et offrent une couverture jusqu'aux oreilles et sous le menton peuvent intercepter les gouttelettes d'une toux et limiter le contact de mains potentiellement contaminées avec le visage. Toutefois, comparativement aux masques, les écrans faciaux offrent peu de protection contre les expositions générales par inhalation^{100,101}. Les écrans faciaux ne protègent pas contre les aérosols plus fins et sont décrits par des organisations professionnelles et de santé publique, comme l'Agence de la santé publique du Canada, comme une « protection pour les yeux¹⁰² ».

Des renseignements et des exigences uniformes sont nécessaires pour dissiper la confusion au sujet des rôles des masques dont l'efficacité varie, y compris des directives sur leur utilisation et leur entretien appropriés^{13,93}. Certaines administrations, comme Hong Kong¹⁰³, accordent une attention plus stricte aux mesures de santé publique, y compris la conformité élevée au port du masque, l'efficacité de l'approvisionnement en masques multicouches et l'utilisation de masques bien ajustés par les citoyens¹⁰⁴.

Des masques bien conçus, bien ajustés et efficaces doivent être portés à dans les espaces intérieurs, comme à l'école, au travail et dans les lieux récréatifs, dans les espaces publics et en présence de personnes de l'extérieur de son ménage, selon les conseils de santé publique. Les masques sont également nécessaires à l'extérieur, où une forte concentration de personnes peut rendre la distance

physique difficile, et à l'occasion de toute rencontre, même à l'extérieur, où une distance d'au moins deux mètres pourrait ne pas être maintenue. Un masque ne doit pas être porté par des personnes incapables de le tolérer ou de l'enlever, ni par des enfants de moins de deux ans.

3.1.1. Résumé sur les masques

Les mesures de protection contre la COVID-19 doivent être déployées comme des couches de protection, y compris en ce qui concerne le port approprié de masques multicouches efficaces. Lorsqu'ils sont portés dans des aires publiques ou communautaires et lors d'interactions avec des personnes de l'extérieur de son ménage immédiat, par tous ceux qui sont en mesure de le porter, les masques sont une mesure directe, facile à mettre en œuvre et efficace contre le SRAS-CoV-2. La conception et la confection des masques ont progressé pour atteindre l'efficacité nécessaire pour contrer les variants^{14,98}. Ces connaissances sont appliquées à la section 3.7 et à l'annexe 2 – section 7.

3.2. Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC)

Des groupes faisant autorité, comme l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), recommandent d'augmenter le taux de ventilation (c.-à-d. d'augmenter l'approvisionnement en air extérieur) au-dessus des niveaux habituels, ainsi que d'accorder une attention particulière aux régimes de circulation d'air et d'échappement¹⁰⁵. La Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA)¹⁰⁶, pour sa part, recommande de diluer et d'évacuer les charges virales. La ventilation ne permet pas d'intercepter les virions lors de rencontres rapprochées (à moins de deux mètres environ) de sorte qu'il est essentiel de réduire au minimum les interactions, de maintenir la distance physique et de porter le masque pour réduire le risque de transmission.

La ventilation permet d'obtenir le degré maximal d'évacuation des virions et de dilution avec l'air extérieur. La charge virale potentiellement infectieuse dans une pièce n'est pas quantifiée avec précision (ou quantifiable), et on s'attend à ce qu'elle varie d'une personne à l'autre et d'un variant à l'autre, avec relation dose-effet en ce qui concerne la gravité¹⁰⁷. Le nombre d'occupants et la fréquence des contacts, la proximité des personnes et la durée des interactions devraient être limités et échelonnés en fonction de la capacité en ce qui concerne le port du masque, la ventilation et la désinfection de l'air.

Les ventilateurs récupérateurs de chaleur (VRC) et les ventilateurs récupérateurs d'énergie (VRE) à haut rendement, lorsqu'ils sont présents, peuvent aider à optimiser l'approvisionnement en air extérieur, à contrôler l'humidité et à conserver l'énergie. Les systèmes de récupération de chaleur et d'énergie sont toutefois vulnérables à la contamination croisée de l'air entrant par l'air d'extraction potentiellement infectieux; l'ASHRAE et la REHVA ont publié des directives détaillées sur les VRC et les VRE pendant une épidémie, portant sur la conception, l'évaluation, l'inspection, la remise en état, la réparation et la remise en service après l'arrêt^{106,108}. Les mesures visant à maximiser la séparation du débit comprennent la prévention des fuites dans les systèmes utilisant des roues de récupération d'énergie, un réglage minutieux de la pression, une filtration supplémentaire et d'autres mesures pour aider à prévenir la contamination croisée. Si possible (p. ex. si des registres sont en place pour rediriger le débit), il peut être indiqué de contourner temporairement les composants de l'échangeur d'énergie/du condenseur, en attendant le nettoyage, l'inspection et l'achèvement de la remise à neuf et de l'entretien.

Les mises à niveau possibles des systèmes de CVC sont résumées à la section 3.2.1 et d'autres ressources techniques sont répertoriées à la section 9.

Pour atténuer le risque de transmission, le système central de CVC devrait être exploité de façon à utiliser le plus grand nombre de stratégies possibles pour atteindre les objectifs suivants :

- ✓ un apport maximal d'air extérieur pour un remplacement optimal de l'air intérieur, avec le moins de recirculation possible (c.-à-d. désactiver les systèmes de contrôle à la demande et recirculation, et ouverture des registres extérieurs);
- ✓ un apport d'air pur par une filtration efficace pour la purification/désinfection de l'air afin de respecter ou de dépasser les niveaux de désinfection nécessaires pour limiter le risque qu'un occupant reçoive une dose infectieuse de virus (« quanta ») d'une ou de plusieurs personnes infectieuses. L'estimation du risque peut indiquer l'échelle relative des améliorations nécessaires pour des variants plus contagieux. Les variables comprennent la taille de la pièce, le taux de ventilation, le nombre et l'emplacement des sources de virus (personnes infectées), l'utilisation de masques et le taux d'occupation. (voir la section 3.7 et l'annexe 2 – section 7);
106,109,69
- ✓ des systèmes de ventilation qui fonctionnent au-delà des heures d'occupation (au moins deux heures avant et après l'occupation du bâtiment, ou trois changements complets de l'air, selon la durée la plus longue), ou vingt-quatre heures sur vingt-quatre (peut-être en réglant le ventilateur à une vitesse moindre en cas d'inoccupation) si cela nécessaire pour obtenir une purification complète du bâtiment (l'ASHRAE fournit une calculatrice pour l'échange et la purification de l'air¹¹⁰);
- ✓ des ventilateurs d'extraction installés dans les toilettes fonctionnent en continu;
- ✓ une recirculation d'air, dans la mesure où le système permet d'utiliser des filtres à rendement plus élevé (valeur consignée d'efficacité minimale [MERV] 13 ou supérieure, des filtres antiparticules à haute efficacité [HEPA]), veillant à l'étanchéité autour des bords pour éviter le contournement^{105,111,112,113};
- ✓ s'assurer qu'au moins les quantités minimales d'air pur et d'échappement recommandées par l'ASHRAE sont fournies¹¹⁴. Les mesures différentielles de pression ou les tests de fumée peuvent être utiles pour s'assurer que l'air est évacué des zones plus risquées et que la distribution offre une protection¹¹⁵;
- ✓ vérifier, ajuster, corriger et optimiser le mouvement de l'air dans les espaces occupés, en particulier lorsque la disposition est modifiée, pour tenir compte de la distance et s'assurer que des barrières sont installées pour intercepter les particules en suspension dans l'air. Assurer une bonne distribution et circulation de l'air tout en éliminant les zones mortes liées aux turbulences et aux couches stagnantes causées par la stratification thermique :
 - vérifier l'emplacement et le réglage du diffuseur d'air et éliminer tout blocage;
 - vérifier les registres d'extraction et de retour d'air et les réglages, et enlever tout blocage;
 - s'assurer que les barrières pour intercepter les gouttelettes potentiellement infectieuses disposent d'un espace ouvert d'au moins 30 centimètres au niveau du plancher et d'un espace suffisant entre le haut des barrières et le plafond pour permettre une circulation adéquate de l'air;
 - envisager d'ajuster ou de retirer les cloisons ou le mobilier qui nuisent à la circulation de l'air et contribuent aux « zones mortes »;
 - envisager la possibilité que des personnes potentiellement infectieuses et sensibles se trouvent en amont et en aval du débit d'air. Les ventilateurs ou les purificateurs d'air locaux devraient être placés et ajustés dans la mesure du possible pour ne pas souffler

l'air directement d'une personne à l'autre dans les zones respiratoires des occupants. Il est préférable de déplacer l'air verticalement/diagonalement à travers les zones de respiratoires, avec un mouvement horizontal principalement au-dessus ou au-dessous des zones respiratoires (pour plus de détails, voir la section 3.2.2).

Il convient de poursuivre le nettoyage et la désinfection de routine des serpentins de refroidissement, des serpentins de chauffage, des cuvettes et des drains de condensats du système de CVC, ainsi que des humidificateurs, afin de prévenir la moisissure et la croissance bactérienne. Si des ampoules de désinfection aux ultraviolets sont disponibles, il faut les entretenir pour éliminer la poussière qui en réduirait l'efficacité (voir la section 3.5).

Selon les conditions de l'air extérieur, une meilleure ventilation peut exiger une humidification ou une déshumidification supplémentaire, pour compléter la capacité existante de maintenir une humidité confortable, ou pour prévenir l'humidité et les contaminants biologiques.

3.2.1. Mises à niveau du système de CVC

À l'heure actuelle, bien que l'approvisionnement en air extérieur à 100 % soit un objectif de conception pour certaines zones des établissements de soins de santé et qu'il s'agisse d'une exigence pour les laboratoires qui manipulent les substances dangereuses en suspension dans l'air¹¹⁶, la mise en œuvre à grande échelle pose des défis. Néanmoins, même si une ventilation d'air à 100 % serait souhaitable pour la préparation à l'épidémie pour tous les bâtiments¹¹³, compte tenu des conceptions actuelles des bâtiments, la température, l'humidité et la demande opérationnelle en énergie exigent habituellement des niveaux importants de recirculation de l'air, sauf à certains moments au printemps et à l'automne où la recirculation à 100 % est possible.

Parmi les autres options d'élimination des contaminants de l'air recirculé, mentionnons la filtration à plus haut rendement et l'irradiation germicide au rayonnement ultraviolet (UVGI, abordé ci-dessous), lorsque l'alimentation en air extérieur à 100 % n'est pas possible, par exemple pendant les saisons de chauffage et de refroidissement. Une filtration à haut rendement ou l'élimination des contaminants de l'air extérieur peuvent également être nécessaires pour éliminer les particules et les produits chimiques en suspension dans l'air, y compris le pollen, les polluants atmosphériques industriels ou liés au transport et la fumée pendant les situations d'urgence comme les feux de forêt.

Outre le rajustement des systèmes de ventilation existants, des options plus sophistiquées pourraient inclure :

- ✓ des systèmes d'extraction locaux/zonaux à partir d'endroits présentant un risque plus élevé; parmi les exemples, notons les toilettes (ou l'air devraient être continuellement extrait pour maintenir une plus faible pression, créant une faible dépressurisation des toilettes) ou une pièce réservée aux personnes qui développent des symptômes sur les lieux, jusqu'à ce qu'elles puissent quitter l'installation en toute sécurité;
- ✓ des systèmes d'épuration de l'air autonomes ou portatifs à haut rendement, en attendant les mises à niveau de la ventilation, pour compléter la ventilation mécanique ou en l'absence de celle-ci (section 3.5). Ils doivent être approuvés par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire^{21,25};
- ✓ une humidification ou une déshumidification supplémentaire peut être nécessaire de façon saisonnière pour s'ajuster aux taux de ventilation plus élevés;
- ✓ l'installation de systèmes de ventilation de grande capacité qui font circuler l'air dans les bâtiments où la ventilation mécanique ou la climatisation est actuellement limitée ou inexistante

(p. ex. certaines écoles et certains bâtiments institutionnels et multirésidentiels); il est important de prendre en considération les exigences en matière de capacité CVC et la facilité d'entretien, de remplacement et d'installation des filtres, ainsi que le colmatage efficace pour éliminer le contournement du filtre par le débit d'air;

- ✓ des unités de ventilation et des filtres mis à niveau pour inclure des filtres MERV 13 ou à meilleur rendement, ou encore des filtres à haute efficacité pour les particules de l'air (HEPA). Les mises à niveau peuvent également comprendre des préfiltres pour soulager la pression sur les filtres plus fins qui peuvent nécessiter un remplacement plus fréquent et des ventilateurs plus puissants. D'autres changements de conception peuvent être requis, comme un renforcement pour gérer la chute de pression plus élevée dans le banc de filtres;
- ✓ des systèmes mis à niveau pour fournir une plus grande quantité d'air extérieur que le maximum actuel; de préférence 100 % d'air extérieur avec évacuation. des mises à niveau doivent également comprendre la capacité de recirculer, de filtrer et d'assainir l'air, pour les systèmes qui doivent être utilisés dans des conditions météorologiques extrêmes et en cas de niveaux élevés de pollution de l'air extérieur, par exemple par la fumée des feux de forêt.

Des options plus sophistiquées pour des systèmes de CVC seraient vraisemblablement coûteuses et exigeraient des budgets d'immobilisations importants. N'empêche, en plus d'une résilience accrue pendant la pandémie, il peut y avoir d'autres avantages à long terme à accroître la ventilation et à améliorer la qualité de l'air intérieur, notamment pour réduire la propagation d'autres maladies infectieuses comme la grippe, pour réduire les allergies et pour améliorer la productivité¹¹⁷. Il existe une vaste gamme d'options et de systèmes pour améliorer les systèmes de CVC des bâtiments. Les bâtiments connus pour leur mauvaise ventilation ou leurs systèmes vieillissants peuvent être de bons candidats pour des rénovations. Dans certains cas, les travaux d'immobilisations ou les programmes de planification d'entretien différé peuvent déjà avoir permis d'établir les coûts des remplacements ou des améliorations nécessaires. Le financement du rétablissement en cas de pandémie peut également aider à améliorer les bâtiments, la ventilation et la purification de l'air.

Les ingénieurs et les exploitants de CVC peuvent cerner les caractéristiques et les comportements uniques du flux d'air dans un bâtiment un espace ou entre des espaces ou des zones dans un bâtiment. Les pressions zonales (pressions différentielles entre les zones intérieures et entre l'intérieur et l'extérieur) et les hottes à pression négative et les salles de confinement dans les laboratoires doivent être maintenues et consignées lorsqu'on s'attaque à la transmission virale potentielle. Les pressions relatives et les débits d'air dans diverses conditions de fonctionnement doivent être vérifiés au moyen de mesures et de tests de pression (p. ex. des tests de fumée).

Les systèmes de ventilation des bâtiments devraient idéalement être conçus de manière à s'assurer que l'air circule des espaces « plus propres » vers les espaces « plus sales », et que les pressions sont vérifiées, en fonction des zones de pression et des taux d'évacuation^{105,118}. Par exemple, les zones à faible taux d'occupation et à moindre risque (p. ex. les postes de travail qui sont bien éloignés et qui disposent d'une bonne ventilation) ne doivent pas être mises en danger par l'air provenant de zones plus risquées où des charges virales plus importantes pourraient être présentes (p. ex. les toilettes, les entrées, les couloirs près des ascenseurs, les cages d'escalier qui peuvent être mal ventilées et où la respiration peut être plus lourde, ou les salles de réunion occupées). Même si les ascenseurs peuvent avoir des niveaux élevés de ventilation, ce n'est pas toujours le cas. Les options de ventilation par les cages d'escalier et autres puits verticaux sont abordées dans le contexte de la ventilation passive ou mixte¹¹⁹, mais possibilité de ventilation par l'entremise de ces espaces peut être limitée par les codes de prévention des incendies, qui exigent que ces espaces verticaux soient

pressurisés pendant les situations d'urgence et que les portes coupe-feu demeurent fermées. Ces situations peuvent se prêter à une désinfection de l'air (voir la section 3,5).

3.2.2. Ventilation stratifiée et ventilation par déplacement

Personne ne veut être directement en aval d'une personne infectieuse. Pour cette raison, l'un objectif commun des systèmes de CVC (également reflété dans la modélisation de l'estimation des risques) est de maximiser la ventilation et le mélange d'air. De préférence, cette ventilation est réalisée sans que l'on sente trop le débit d'air. Le mélange d'air signifie toutefois que tous les occupants, dans une certaine mesure, respirent de l'air recirculé contenant des particules infectieuses. De plus, l'objectif de mélanger complètement l'air peut aussi être contrecarré par des turbulences ou des « zones mortes » résultant des complexités de la circulation d'air dans les espaces occupés avec des meubles et des barrières. Les points chauds de l'accumulation du virus dans les espaces intérieurs ont été démontrés à l'aide de l'expérimentation et de la modélisation¹²⁰ et, dans certaines circonstances, peuvent être détectés par la mesure du dioxyde de carbone (section 3.7).

Outre les ajustements des commandes de ventilation et de l'ameublement, les solutions novatrices à envisager à plus long terme comprennent la ventilation par déplacement¹⁶. Cela réduit au minimum le mouvement horizontal de l'air (d'une personne à une autre) et éloigne l'air expiré des zones respiratoires, ce qui réduit le transfert de virions d'une personne infectée à une personne vulnérable. On réussit ainsi à prévenir les infections et à favoriser l'efficacité énergétique parce que dans les systèmes de déplacement, l'air stagnant et contaminé n'est pas continuellement mélangé à de l'air frais, conditionné (chauffé ou refroidi et déshumidifié ou humidifié)^{121,122}. La ventilation par déplacement peut être conçue pour fonctionner avec débit ascendant ou descendant^{123,124}.

La **ventilation par déplacement à débit ascendant** est la conception la plus courante. L'apport d'air conditionné est introduit à faible vitesse par des diffuseurs (diffuseurs de mur ou de coin) situés au niveau du plancher ou près de celui-ci. Le chauffage périmétrique peut être fourni par temps froid pour compenser le refroidissement des murs et des fenêtres extérieurs. Les sources de chaleur (p. ex. occupants, équipement) créent une flottabilité thermique et une stratification spatiale, à mesure que l'air chaud monte jusqu'au plafond, où il est évacué. Le Conseil national de recherches du Canada a constaté que la ventilation par déplacement à débit ascendant, y compris par temps froid, fonctionne bien et est plus efficace qu'un système conventionnel de ventilation à air mélangé doté d'une bouche d'aération en hauteur. La distribution de l'air était plus efficace, ce qui a permis d'obtenir une QAI supérieure dans la zone occupée (jusqu'à 1,8 mètre du plancher)¹²¹.

Les avantages du chauffage et de l'élimination des contaminants avec la ventilation par déplacement à débit ascendant ont été démontrés dans un atelier d'usinage, où le chauffage infrarouge était utilisé pour le confort. La capture des particules s'est améliorée de 70 % durant les périodes de temps froid qui exigeait l'actionnement du système de chauffage. L'air plus frais fourni près du plancher était réchauffé par les occupants et l'équipement (qui avaient été réchauffés par le chauffage infrarouge), et le brouillard d'huile était dirigé vers les prises d'échappement en hauteur¹²⁵.

Des recherches plus poussées pourraient clarifier les impacts d'un débit d'air bien mélangé par rapport à un débit d'air ascendant lent sur : le dépôt des particules et l'accumulation de particules infectieuses sous la zone de respiration; l'importance de la propreté des revêtements de sol/tapis et l'entraînement possible de particules infectieuses sèches; le rôle de la distance du plancher aux diffuseurs d'alimentation en air situés sur les murs, et peut-être les piliers.

La **ventilation par déplacement avec débit descendant** est actuellement installée dans les zones où le confinement biologique ou la lutte contre les infections sont essentiels, comme certains laboratoires spécialisés et théâtres d'opération, et elle pourrait être appliquée de façon plus générale pour le refroidissement dans n'importe quel bâtiment. L'air plus frais que la majeure partie de l'air ambiant est introduit au niveau du plafond et chute jusque dans des événements de reprise d'air près du plancher. Cela élimine les préoccupations relatives au réentraînement et, encore une fois, le mouvement horizontal est réduit au minimum.

Un système de distribution d'air mélangé à débit descendant avec des diffuseurs d'alimentation à haute induction dans le plafond et des événements de reprise d'air au niveau du plancher présente les mêmes avantages que l'alimentation en air frais directement à la hauteur respiratoire. Il pourrait améliorer l'efficacité de l'élimination des contaminants en entraînant les contaminants de la zone occupée vers le sol où ils sont évacués.

3.3. Bâtiments avec une ventilation mécanique limitée ou nulle

Certains bâtiments canadiens plus anciens, construits en vertu d'anciens codes à différentes époques, ne sont pas équipés de systèmes de CVC. Les bâtiments équipés d'un système de chauffage à air pulsé (mais sans climatisation) devraient également mettre à niveau les bancs de filtres et peut-être les ventilateurs, et pourraient utiliser la désinfection par rayonnement UV dans les conduits (section 3.5.2).

Certains bâtiments plus anciens dépendent du chauffage par rayonnement (p. ex. chauffe-eau ou chauffe-plinthes), sans chauffage ou refroidissement à air pulsé, y compris les écoles et les foyers de soins. Voici quelques options :

- **L'ouverture des fenêtres** peut être un moyen efficace, souvent facilement accessible, de compléter la ventilation, de diluer et d'évacuer les aérosols, même si la valeur globale dépend de la qualité de l'air extérieur (p. ex. smog, fumée), de la direction du vent, du besoin de flux croisés et des débits d'air qui en découlent. De plus, comme l'air chaud monte, l'« effet cheminée » peut faire introduire de l'air plus frais dans les étages inférieurs et, lorsqu'il est réchauffé, être évacué aux étages supérieurs. Les ventilateurs peuvent aider à diriger et à améliorer le débit d'air, tout en réduisant au minimum le risque que les panaches de particules infectieuses soient dirigés vers d'autres personnes.

Stratégies : Dans les bâtiments qui n'ont qu'une ventilation naturelle ou propre à la pièce, les fenêtres et les événements doivent être entretenus et fonctionnels, et pouvoir être utilisés même par temps froid. Le fait de laisser les fenêtres ouvertes continuellement est peut-être la pratique la plus courante, mais sans contrôle des zones de pression ou des débits d'air dans le bâtiment, il est difficile de prévoir les résultats, surtout lorsque les fenêtres s'ouvrent seulement d'un côté du bâtiment (possiblement face au vent ou sous le vent). Une solution de rechange que les exploitants de bâtiments et les travailleurs pourraient envisager (p. ex. dans les écoles) par temps froid consiste à utiliser des ventilateurs temporaires pour évacuer l'air, et à évacuer l'air des pièces à tour de rôle, en ouvrant les fenêtres et peut-être les grandes portes pendant de courtes périodes. L'énergie nécessaire pour chauffer l'air est bien moindre que celle nécessaire pour chauffer la structure et l'ameublement. Il est donc possible que cette stratégie soit plus éco-énergétique et plus efficace, selon l'établissement et les modes de fonctionnement.

« **Attention :** Les fenêtres ouvertes peuvent assurer une ventilation importante et sont encouragées; cependant, une certaine réflexion s'impose. La circulation d'air à travers les fenêtres

n'est pas bien contrôlée, et bien que la priorité soit de maximiser la ventilation et la dilution des particules infectieuses, certains pièges potentiels, bien que rares, ont été identifiés. Il y a un risque de transmission de virus par les événements de plomberie et les fenêtres ouvertes, comme on l'a observé à Amoy Gardens pendant l'épidémie de SRAS¹²⁶. De plus, la transmission par les fenêtres de particules potentiellement infectieuses en suspension dans l'air au-dessus d'une source infectieuse dans un immeuble de grande hauteur, dans de l'air chaud flottant contre un mur extérieur ensoleillé, a été démontrée avec du gaz traceur et modélisée mathématiquement^{127,128}.

- Les stratégies de **ventilation mixte** utilisent les fenêtres, les portes, les événements et les ventilateurs locaux pour améliorer d'autres moyens (p. ex. CVC) d'échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur. Par exemple, une ventilation mixte peut exploiter l'« effet cheminée » selon lequel l'air chaud monte à l'intérieur et peut être évacué (p. ex. cela peut être très efficace dans les cages d'escalier). Lorsqu'elle est mise en œuvre dès la conception et la construction, la ventilation mixte peut offrir des solutions pour économiser de l'argent et de l'énergie pour introduire une plus grande quantité d'air extérieur, ainsi que chauffer ou climatiser en fonction des conditions météorologiques^{119,129}.

« **Attention** : Au moment d'utiliser la ventilation mixte, il faut tenir compte des flux d'air locaux et globaux dans les bâtiments complexes en tenant compte de différents scénarios de température et de direction du vent¹³⁰, ainsi que des risques de contagion, afin de protéger les zones plus propres contre les sources potentielles de contagion à risque élevé.

3.4. Désinfection de l'air

Dans les bâtiments sans système de ventilation, et lorsque les aérosols ne peuvent être évacués adéquatement à l'extérieur, les virions en suspension dans l'air peuvent être éliminés par filtration ou détruits par rayonnement ultraviolet (UV). Il faut prêter attention au déploiement d'unités autonomes lorsque les particules se déplacent dans des nuages turbulents à petite échelle¹³¹. Non seulement les éternuements et la toux, mais aussi les activités génèrent des aérosols fins (p. ex. faire de l'exercice, chanter et parler, et même simplement respirer) qui peuvent provoquer une charge virale infectieuse¹³², selon le volume et la direction du débit d'air^{67,126,133,134}.

3.4.1. Filtration

La filtration ou la purification de l'air peuvent être assurées par des purificateurs d'air autonomes locaux¹¹¹, où la ventilation est limitée, dans des espaces de travail adaptés, des salles de classe, foyers de soins et des logements collectifs et d'autres lieux. Le débit d'air purifié (DAP) doit être suffisant pour la taille de la pièce; plusieurs unités peuvent être nécessaires. Des filtres efficaces (MERV 13+ ou HEPA) peuvent être fixés aux ventilateurs locaux¹³⁵. Ces appareils doivent :

- ✓ être entretenus de façon régulière et les filtres doivent être changés conformément aux instructions du fabricant;
- ✓ être déployés pour réduire au minimum le risque que des panaches de particules infectieuses passent d'une personne infectieuse à une personne vulnérable.

Les options visant à améliorer le débit d'air local, afin d'assurer une meilleure protection contre la transmission, comprennent la filtration d'air autonome. Une filtration d'air autonome peut être installée avec des barrières pour diriger l'air pur vers les personnes et intercepter les flux d'air comportant une charge virale potentiellement plus élevée, comme cela a été illustré dans les

établissements de soins de santé pour les chambres à plusieurs lits¹³⁶. Les établissements candidats autres que ceux qui fournissent des soins de santé seraient ceux qui comprennent des zones mal ventilées, comme celles où le personnel travaille derrière de nouvelles barrières susceptibles d'entraver la circulation de l'air, les espaces fermés ou mal ventilés comme les bureaux ou les salles de réunion, ou les espaces en retrait pour des raisons d'intimité ou d'intérêt architectural.

Certaines technologies de purification de l'air utilisent l'attraction électrostatique, mais elles ne sont pas recommandées – l'examen des systèmes de filtration et de purification de l'air effectué par l'ASHRAE a relevé une production potentiellement nocive d'ozone¹³⁷. L'ASHRAE a recensé un plus grand nombre de preuves concernant les avantages et les risques de l'irradiation germicide par rayonnement ultraviolet (UVGI) et de la filtration des particules en suspension dans l'air porteuses d'un virus, et ne recommande que ces deux technologies¹³⁷.

L'ozone est un puissant agent oxydant qui tue les virus, mais les traitements à base d'ozone (promus à l'origine pour désodoriser les espaces intérieurs) peuvent être rudes pour les surfaces intérieures, les tapis, les meubles, les couvre-fenêtres et l'équipement, et ne seraient pas appropriés pour les applications de routine. Au moment de la rédaction du présent document, ces produits n'avaient pas été approuvés ou homologués pour la prévention des maladies au Canada; ils n'offrent pas de traitement par nébulisation ni vapeurs avec d'autres produits chimiques, ni avec des substances destinées à assurer une protection à long terme. Voir la section 4.2.4. L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (l'ARLA fait partie de Santé Canada) doit évaluer et homologuer les dispositifs de désinfection qui incorporent le rayonnement UV ou qui peuvent produire de l'ozone (intentionnellement ou comme effet indirect des systèmes UV ou électrostatiques)^{21,25}.

3.4.2. Lumière ultraviolette et ozone

L'irradiation germicide au rayonnement ultraviolet (UVGI) est utilisée depuis longtemps pour tuer les microbes et inactiver les virus, et les coronavirus sont très sensibles aux rayons UV^{138,139}. Traditionnellement, une lumière d'une longueur d'onde de 254 nanomètres (nm) est générée par des lampes au mercure pour inactiver les virus en suspension dans l'air^{45,105,113,141}.

Comme la lumière UV est dangereuse, pour réduire les risques de cataractes, les ampoules doivent être protégées (non visible directement par œil), et le verre de la lampe doit filtrer la lumière de plus courte longueur d'onde afin de réduire au minimum la production d'ozone nocif⁴², qui est en soi un danger. L'ARLA souligne que « selon la longueur d'onde, l'intensité et la durée de l'exposition au rayonnement des ultraviolets, l'exposition à la lumière ultraviolette de ces dispositifs peut entraîner des blessures importantes, notamment des brûlures graves à la peau et aux yeux. En outre, l'inhalation d'ozone peut mener à une diminution de la fonction pulmonaire, à une irritation des voies pulmonaires, à une inflammation des tissus pulmonaires ainsi qu'à des dommages pulmonaires irréversibles qui augmentent le risque d'infection respiratoire²⁵. »

L'ozone réagit également avec les composés organiques volatils (COVs) des parfums et des produits de nettoyage et de rénovation, pour former des produits de dégradation toxiques. Néanmoins, des sources de rayonnement ultraviolet (UV-C) peuvent être installées dans des pléniums avec des intérieurs réfléchissants, ou des sources plus faibles peuvent être installées en hauteur sur les murs, à l'abri de la vue directe et munies d'étiquettes d'avertissement appropriées pour le personnel d'entretien^{137,143,144}.

Les ampoules excimères filtrées, qui émettent une lumière ultraviolette d'une longueur d'onde de 222 nm. On dit que la longueur d'onde légèrement plus petite limite la génération d'ozone et les risques de lésions cutanées et oculaires¹⁴⁵, et peut être efficace contre les coronavirus¹⁴⁴. Il y a très peu de données probantes sur les effets sur la santé, et les yeux n'ont pas de flux sanguin, de sorte qu'ils sont très vulnérables. Il est donc prudent de continuer à protéger les yeux de la vue directe.

Des luminaires UVGI ont été utilisés dans des établissements de soins de santé, et l'installation de systèmes dans le haut des pièces et de ventilateurs de plafond pour une combinaison de systèmes afin d'éviter l'air stagnant, est étayée par des preuves scientifiques de haut niveau^{105,111}.

Les dispositifs UVGI qui sont évalués et homologués^{21,25} peuvent être particulièrement appropriés pour les toilettes, les espaces mal ventilés et les zones où un nombre intermittent, mais potentiellement plus élevé, de personnes respirent fortement, comme les entrées/sorties, les couloirs des ascenseurs, et dans les ascenseurs et les escaliers.

De la **formation et des avis de mise en garde** sont nécessaires pour s'assurer que les ampoules sont éteintes avant l'entretien pour enlever la poussière (laquelle en réduit l'efficacité) et avant de remplacer les ampoules.

Les dispositifs UVGI sont une autre couche de protection potentielle contre le SRAS-CoV-2 qui complète, mais ils ne remplacent pas, la nécessité de porter un masque, de réduire au minimum les interactions, de maintenir une distance physique ou d'assurer une bonne ventilation et de prendre d'autres mesures de santé publique.

3.5. Climat et humidité relative

La **température** influe sur les vitesses d'inactivation des coronavirus. Expérimentalement, il a été démontré que la persistance du SRAS-CoV-1 a rapidement diminué à 38 °C et à une humidité relative très élevée, mais le virus est demeuré infectieux pendant des jours à des températures et à une humidité relative courantes à l'extérieur et dans des environnements climatisés au Canada¹⁴⁶. Par ailleurs, le chauffage à 56 °C est utilisé pour une désinfection rapide (15 minutes) non toxique des véhicules, par exemple pour ceux des services de police¹⁴⁷. Les températures élevées peuvent être utilisées dans les nouvelles constructions pour réduire rapidement les niveaux de composés organiques volatils, mais cette technique peut endommager les articles dans les espaces occupés (p. ex. les aliments, les produits de soins personnels et certains articles en plastique).

L'**humidité** relative peut influencer sur la réponse des voies respiratoires au virus, car une faible humidité assèche les voies respiratoires, réduit le piégeage de la poussière et des agents pathogènes par la couche muqueuse et réduit le transport par l'activité ciliaire, entravant l'évacuation de l'air au niveau des voies respiratoires supérieures¹⁴⁸. De plus, avec une faible humidité relative, les particules de virus expirées sont plus sèches et rétrécissent plus rapidement, et peuvent donc rester dans l'air plus longtemps qu'avec une humidité plus élevée lorsque les particules restent hydratées et plus lourdes¹⁴⁹.

En ce qui concerne la COVID-19, il est recommandé de maintenir l'humidité à 40 à 60 %¹⁰⁵, non pas pour avoir un effet sur l'activité du virus, mais pour éviter la prolifération de moisissures. Bien que des niveaux d'humidité plus élevés puissent être possibles dans certains cas pendant l'été, la condensation de l'humidité excessive dans les sous-sols et sur les murs froids provoquera la formation de moisissures, ce qui aura une incidence sur la santé en plus d'endommager les structures. Les bâtiments dont le pare-vapeur est faible ou inexistant peuvent subir des dommages

structuraux causés par une humidité excessive. Par conséquent, l'extrémité inférieure de cette fourchette (40 % en hiver) est recommandée au Canada¹⁵⁰. Il a été avancé que la fragilité du SRAS-CoV-2, dans des conditions plus chaudes et très humides, pourrait contribuer à l'efficacité des masques¹⁵¹, bien qu'il y ait peu de preuves directes à l'appui de cette hypothèse.

Selon les conditions de l'air extérieur, une ventilation accrue peut exiger de s'équiper de dispositifs supplémentaires (peut-être autonomes) d'humidification ou de déshumidification, pour compléter la capacité existante de maintenir une humidité agréable, ou pour éviter l'humidité et les contaminants biologiques.

Climat en contexte. Certains virus, comme ceux de la grippe et du rhume, sont plus fréquents à certains moments de l'année, car la persistance de certains virus est influencée par l'environnement (p. ex. l'humidité, la température et la lumière du soleil). L'OMS¹⁵² et d'autres organisations observent une réponse physiologique plus robuste contre les maladies respiratoires contagieuses lorsque les niveaux de vitamine D sont plus élevés à la suite d'une plus grande exposition au soleil, du régime alimentaire ou de la prise de suppléments, particulièrement en ce qui concerne le SRAS-CoV-2^{153,154,155,156,157,158}.

Auparavant, on pensait que la latitude (et donc l'exposition au soleil) pouvait plausiblement être liée à l'incidence et à la gravité de la COVID-19¹⁵⁹, mais il s'agit d'un aspect complexe de la santé publique et de l'équité en santé¹⁶⁰.

En fin de compte, il ressort que le SRAS-CoV-2 continue de se propager en toutes saisons, comme en témoignent les flambées d'infections survenues durant l'été 2020, en particulier dans certains pays qui adhèrent peu aux INP, comme le port du masque et le maintien de la distance physique. Les experts en sont arrivés à la conclusion que les interventions non pharmaceutiques sont essentielles pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2^{161,162}.

3.6. Dioxyde de carbone

Des taux de renouvellement d'air minimum ont été historiquement établis pour maintenir les niveaux de dioxyde de carbone (CO₂) en dessous des valeurs cibles, et maintenir ainsi les contaminants bioeffluents connexes provenant des occupants en deçà des niveaux qui pourraient générer des plaintes sur la qualité de l'air intérieur. Le recours à la ventilation pour maintenir un niveau de CO₂ plus bas est bénéfique pour la santé et la productivité¹¹⁷; en cas de pandémie, on recommande d'augmenter le plus possible la ventilation au moyen d'air extérieur¹⁰⁵. Bien sûr, si l'occupation est plus faible, cela entraînera une baisse des niveaux de CO₂.

L'augmentation de l'approvisionnement en air extérieur rapprochera les niveaux de CO₂ des niveaux à l'extérieur; certains recommandent une fourchette de 800 à 1 000 parties par million (ppm). Cette cible précise n'est pas corroborée dans le contexte des variants du virus. Du point de vue de la santé, il est évident qu'il serait préférable d'opter pour le « niveau le plus bas qu'il soit possible d'atteindre ». De faibles concentrations ont été atteintes et ont permis de réduire la transmission de la maladie; par exemple, l'augmentation de la ventilation dans les bâtiments sous-ventilés, la réduction des niveaux de CO₂ de 3 200 ppm à 600 ppm, a suffi pour arrêter la transmission continue de la tuberculose (une maladie en suspension dans l'air) dans les bâtiments universitaires¹⁶³.

Lorsque les occupants sont la seule source de production de CO₂ à l'intérieur, le niveau de CO₂ varie selon la respiration expirée totale et la ventilation des lieux, et serait logiquement proportionnel aux

virions émis par une personne infectieuse¹⁶⁴. Une étude portant sur trois salles de classe à Montréal, dont deux sans système de CVC, a révélé que le CO₂ suivait l'occupation au fil du temps. Connaissant les niveaux d'occupation et d'activité, les scientifiques ont estimé l'échange de l'air¹⁶⁵. Les deux salles de classe sans système de CVC présentaient des taux d'échange d'air extrêmement faibles, ce qui correspond à un risque élevé de transmission du SRAS-CoV-2 si un occupant était infectieux et qu'il n'y avait pas d'équipement auxiliaire d'épuration de l'air. Une salle de classe est utilisée dans l'exemple d'estimation du risque pour le type et le variant sauvage du SRAS-CoV-2 (section 3.7 et annexe 2 – section 7) selon la ventilation, l'utilisation du masque et l'occupation au fil du temps.

Les mesures des niveaux de CO₂ en temps réel et les mesures ponctuelles de CO₂ peuvent être utiles pour repérer les espaces intérieurs où la ventilation ou la circulation de l'air sont moins bonnes. En l'absence d'autres sources de CO₂ (p. ex. une flamme) ou d'épuration de l'air (qui n'élimine pas le CO₂), le CO₂ pourrait se révéler utile pour signaler un risque plus élevé de transmission de COVID-19 dans un espace commun¹⁶⁵. Bien que les niveaux de CO₂ puissent être corrélés avec les charges virales aéroportées¹⁰⁵, les risques de transmission peuvent se produire même avec de petites augmentations de CO₂¹⁶⁶.

L'expiration de particules respiratoires contribue également à la vapeur d'eau et à la dispersion de particules à l'intérieur. Compte tenu des nombreuses autres sources présentes à l'intérieur, la surveillance de l'humidité relative et des particules n'est pas recommandée comme substitut pour contrôler les niveaux de virion.

3.7. Estimation des améliorations nécessaires des mesures contre les particules virulentes en suspension dans l'air

Avec de multiples couches de protection contre la transmission aérienne, y compris l'infrastructure (p. ex. ventilation), le comportement personnel (p. ex. port du masque) et la situation (p. ex. éviter les foules et s'assurer que les contacts sont aussi rares et brefs que possible) pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2, il pourrait être tentant de rationaliser les compromis (p. ex. « Je porte un masque... » ou « La fenêtre est ouverte, il n'y a donc pas de problème à rester dans cet endroit surpeuplé. »).

Les variants préoccupants du SRAS-CoV-2 peuvent être plus contagieux, entraîner des maladies plus graves chez les groupes d'âge plus jeunes et être moins sensible à l'immunisation acquise d'une infection ou d'une vaccination antérieure¹⁶⁷. Lorsqu'un nouveau variant préoccupant émerge, il peut se propager rapidement et provoquer un débordement des capacités des systèmes de soins de santé. En attendant que l'immunité à la COVID-19 soit répandue à l'échelle mondiale et que la maladie devienne endémique plutôt que pandémique, il faut appliquer toutes les mesures de protection possibles pour lutter contre l'infection dans un front uni¹⁶⁸. Les propriétaires et exploitants d'immeubles, les entreprises, les établissements d'enseignement, les travailleurs et les visiteurs repensent à l'été 2020 et se demandent jusqu'où il faut intensifier les efforts pour contrer les variants plus contagieux.

Un modèle d'estimation des risques de transmission reconnu^{45a} a été utilisé pour comparer l'accumulation de virions aéroportés dans une pièce et le risque de maladie, pour un SARS-CoV-2 de l'« été 2020 » ou de type sauvage et un variant plus contagieux (annexe 2 – section 7). Les personnes qui désirent ajuster la modélisation en fonction de leur situation peuvent consulter la feuille de calcul d'estimation des risques sur le site Web du CCQAIB (<https://iaqresource.ca>),

parallèlement au module. Des solutions de rechange semblables comprennent une version en ligne proposée par Jimenez et coll.¹⁰², tandis que la REHVA offre une version un peu plus simple¹⁰⁹ (voir Ressources, section 8). La modélisation du CCQAIB a été utilisée par le groupe Concordia Urban Buildings Environment (CUBE).

Veuillez consulter l'annexe 2 – section 7 pour obtenir la description complète, les figures, l'interprétation et les limites, qui sont résumées ici.

Bref contexte :

- Lorsqu'une infection peut se propager, le nombre moyen de personnes vulnérables qui sont infectées par un seul occupant infectieux est ce qu'on appelle le taux de reproduction (R_0). Lorsque le R_0 est supérieur à un, le nombre de cas augmente; lorsque le R_0 est inférieur à un, l'épidémie décline. Plus la valeur du R_0 est basse, plus la diminution du nombre de cas et de transmissions est élevée.
- Les personnes sont infectées lorsqu'elles inhalent une dose infectieuse de virus, de sorte que le risque dépend à la fois de l'infectiosité du virus (variant) et du taux de rejet des virus par une personne infectieuse. Bien que ces deux valeurs soient incertaines, empiriquement, elles sont combinées et constituent le « quanta » infectieux.
- La dose infectieuse de SRAS-CoV-2 est inconnue, mais le « quanta » représente la charge infectieuse émise par une personne infectée, selon les activités⁴⁰. Un modèle classique (Wells-Riley) a été appliqué au risque de contracter la COVID-19 à partir des particules en suspension dans l'air⁴¹. Cette modélisation a été étalonnée par Jimenez et coll. à l'aide de données provenant d'épisodes de propagation antérieurs^{41,42}. Elle a ensuite été appliquée avec succès à des estimations de la transmission SRAS-CoV-2 dans des environnements bâtis⁴³ et des véhicules de transport en commun⁴⁴, et peaufinée dans le contexte des variants dans plusieurs scénarios supplémentaires⁴⁵.
- La modélisation de l'estimation des risques illustre dans quelle mesure précise les INP et leur respect doivent être améliorés pour contrer les variants. En ce qui concerne la présente analyse, cette méthode a été utilisée pour comparer les estimations des risques d'infection pour un variant du virus qui est 1,7 fois plus contagieux, comme celui identifié au Royaume-Uni¹.
- La modélisation simule comment, lorsqu'une ou plusieurs personnes infectieuses se trouvent dans une pièce au départ propre avec de l'air parfaitement mélangé, les quantas aéroportés évoluent au fil du temps à mesure qu'ils se mélangent avec l'air et deviennent également appauvris de façon continue par la ventilation (dilution et évacuation), l'épuration de l'air, le dépôt et l'inhalation par les occupants. Cette modélisation de l'air parfaitement mélangé ne tient pas compte des particularités du débit d'air, par exemple autour des cloisons ou pendant les rencontres rapprochées.
- La dose de quanta d'une personne est influencée par le nombre de personnes infectieuses présentes, la taille de la pièce (volume de dilution), l'apport d'air pur (ventilation et épuration de l'air), le port et l'efficacité du masque, le niveau d'activité (affectant la fréquence respiratoire et le volume) et le temps passé sur place.

Le scénario de référence des scénarios d'estimation des risques est une salle de classe mal ventilée (0,3 renouvellement d'air à l'heure [RAH]) avec 18 élèves, utilisée dans une étude sur les écoles de Montréal¹¹⁶. Les autres paramètres du scénario de référence ont été établis à 100 % pour ce qui

est du port de masques avec une efficacité de 50 %, avec 19 occupants (un infectieux) et un niveau d'activité moyen. Le modèle permet d'ajuster la vulnérabilité des occupants, mais compte tenu des incertitudes liées aux personnes infectées, mais asymptomatiques, et aux réinfections potentielles, une immunité préexistante de zéro a été considérée comme un scénario conservateur.

Le R_0 a été comparé pour différentes valeurs relatives à la ventilation, à l'efficacité des masques, à l'occupation et au nombre d'occupants infectieux. L'analyse révèle des situations qui présentent des risques croissants de transmission de la maladie et qui peuvent être instructives pour déterminer la portée des interventions (p. ex. augmentation de l'air pur, amélioration de la qualité et du port du masque, et diminution du nombre d'occupants et du temps) nécessaires pour réduire les risques de transmission.

3.7.1. Estimation des risques comparant le SRAS-CoV-2 précédent à un variant plus contagieux : Principales constatations

Veillez consulter l'annexe 2 – section 7 pour connaître toutes les méthodes, les résultats et les chiffres, les conclusions et les limites. Bien que les valeurs numériques soient dérivées du scénario particulier d'une salle de classe mal ventilée, les tendances et l'échelle des différences dans l'efficacité du masque, les taux de ventilation et les temps d'occupation pour maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0 indiquent la portée ou l'ampleur des améliorations nécessaires pour contenir un variant préoccupant plus infectieux.

Voici des exemples des principales constatations :

- Pour maintenir la valeur du R_0 à moins de 1,0, en supposant le port universel de masques efficaces à 50 %, et avec une personne infectieuse (« source »), le temps d'occupation maximal serait inférieur à 4 heures dans le cas du SRAS-CoV-2 d'origine, et réduit d'environ la moitié pour être inférieur à 2,5 heures dans le cas du variant.
- Pour maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0 pendant une présence de 7 heures, comparativement aux mesures nécessaires pour le virus d'origine, il faut doubler le taux de ventilation (dépassant les directives de l'ASHRAE) ou augmenter l'efficacité du masque de 62 % à au moins 72 % dans le cas du variant.
- Dans le cas d'une présence de 7 heures dans une pièce avec 4 personnes infectieuses dans la pièce, la valeur du R_0 atteint 3 à 4 dans le cas du virus d'origine et 9 à 10 dans le cas du variant.
- Avec deux personnes infectieuses dans la pièce au lieu d'une, l'apport d'air pur doit être multiplié par trois pour maintenir la valeur du R_0 à 1,0 ou moins.

L'amélioration de la ventilation n'élimine pas les risques liés aux rencontres rapprochées. En plus d'autres mesures de protection, le port universel et approprié de masques efficaces qui bloquent 80 % des virions, pendant l'inspiration et l'expiration, peut être efficace pour réduire un variant plus infectieux du SARS-CoV-2.

4. Exploitation du bâtiment

Les gestes posés par les personnes – comme rester à la maison en cas de maladie, porter un masque bien conçu, bien ajusté et efficace (c.-à-d. « efficace »), maintenir une distance physique, limiter les interactions, éviter les espaces clos (mal ventilés) et les endroits bondés, se laver les mains et pratiquer l'étiquette respiratoire – sont autant de facteurs qui réduisent la probabilité de

transmission, mais le succès dépend aussi de l'environnement bâti. Au fur et à mesure que les connaissances progressent sur les besoins à plus long terme pour limiter la contagion, en complément de l'amélioration directe de la qualité de l'air, les facteurs à considérer suivants sont pris en compte pour la réouverture et pour les activités continues.

4.1.Réouverture

Pendant la fermeture et la réouverture, la limitation de la transmission virale exige une collaboration et des investissements à plusieurs volets pour mettre à niveau :

- ✓ les systèmes de ventilation, de chauffage et de climatisation, de distribution et de purification de l'air, ainsi que des stratégies pour réduire au minimum les particules générales et localisées chargées de virus en suspension dans l'air (section 3.1);
- ✓ les stratégies de réouverture propres au bâtiment pour lutter contre la contamination microbienne et chimique des sources d'approvisionnement en eau qui stagnent (section 3.3);
- ✓ les détails de l'aménagement physique et des rénovations visant à améliorer la distance physique et à mettre en place des obstacles à la transmission du virus (p. ex. l'interception des gouttelettes avec des barrières de plastique);
- ✓ la planification des activités en cours et du nettoyage pour limiter la transmission virale.

Les mesures administratives et organisationnelles visant à atteindre une bonne productivité tout en respectant et en appuyant la santé publique peuvent exiger une collaboration multipartite pour :

- établir et communiquer la logistique détaillée de l'occupation;
- établir des arbres décisionnels pour les cas où les employés ou les contacts rapprochés ont un résultat positif au test de dépistage de la COVID-19.

Le temps de préparation unique pour la réouverture pendant et après l'arrêt lié à la COVID-19 est une occasion de réexaminer et d'améliorer les pratiques, les opérations, l'équipement et l'installation elle-même. C'est aussi le moment d'intervenir sur le terrain et d'établir des protocoles pour l'avenir.

4.1.1. Systèmes d'eau

Pendant les périodes de faible occupation ou d'absence d'occupation, l'eau demeure stagnante dans la plomberie et les additifs antimicrobiens (p. ex. chlore ou chloramine) des services d'eau se dissipent. Cette stagnation peut favoriser la croissance de divers pathogènes comme la *Legionella*, ou des concentrations élevées de métaux comme le plomb et le cuivre qui peuvent s'échapper de la plomberie des bâtiments et des tuyaux d'approvisionnement. La remise en service exige une collaboration entre les propriétaires et les exploitants d'immeubles, le service des eaux et la santé publique¹⁶⁹.

Dans un examen de la remise en service de l'approvisionnement en eau axé sur la réoccupation des bâtiments après la COVID-19, les scientifiques et les ingénieurs de l'Université Purdue ont décrit les facteurs à prendre en considération pour l'inspection, les tests, le rinçage, le nettoyage et la vérification de la sécurité de l'eau de lavage et de l'eau de boisson après une stagnation prolongée¹⁶⁹. Les installations et les systèmes d'alimentation en eau chaude et en eau froide, l'équipement (p. ex. les unités de distillation ou les machines à glace) et les systèmes pour les eaux usées ménagères (eau de lavage et eau de pluie), s'ils existent, exigent tous qu'on leur porte une attention particulière.

Dans les grands bâtiments, les systèmes de plomberie peuvent être complexes, ce qui risque de créer des zones mortes ou des zones où un rinçage suffisant des conduites peut dépendre de la stratégie employée. Guidées par la disposition détaillée des systèmes de plomberie, les approches systématiques impliquent de commencer à proximité de l’approvisionnement en eau et, éventuellement, de rincer les zones séparément pour obtenir des débits effectifs¹⁷⁰.

Il faut s’attendre à la formation de films biologiques et de solides lors du rinçage de la plomberie, de sorte que les aérateurs doivent être retirés avant le rinçage, nettoyés avec diligence, puis réinstallés avant l’échantillonnage. Des analyses microbiennes et chimiques de base d’échantillons représentatifs aideront à cerner l’étendue des problèmes et des sections de plomberie à risque de fournir une eau de mauvaise qualité. Les plans d’échantillonnage dressés en fonction des détails de la disposition de la plomberie, avec des échantillons de première analyse plus petits ainsi que des échantillons suivant des volumes précis de rinçage, peuvent permettre de différencier les contributions des appareils de plomberie par rapport aux sections de tuyaux comportant un film biologique microbien, dans la contamination de l’eau¹⁷¹.

En coopération avec la santé publique, des tests après rinçage de la plomberie permettront de vérifier l’adéquation de la qualité de l’eau pour la chasse d’eau des toilettes, pour le lavage des mains et, enfin, pour la consommation une fois la sécurité établie. Il faudra peut-être employer un désinfectant supplémentaire pour nettoyer la plomberie. Pendant cette période, il est nécessaire d’installer une signalisation claire et de fournir de l’eau potable propre.

En préparation de la réouverture des bâtiments, il faut envisager l’installation de couvercles sur les toilettes, car la contamination fécale peut se produire par l’intermédiaire de gouttelettes et d’aérosols générés par la chasse d’eau^{172,173}. Si un couvercle de toilette est installé, une affiche doit rappeler aux utilisateurs de l’abaisser avant de tirer la chasse d’eau.

Remplir tous les purgeurs d’eau. Une petite quantité d’huile peut être ajoutée pour ralentir l’évaporation.

À mesure que les restrictions liées à la COVID-19 changent au fil du temps, les périodes initiales de faible occupation peuvent entraîner une recontamination de l’eau; par conséquent, il faudra continuer à tirer la chasse d’eau des toilettes régulièrement (et abaisser les couvercles lorsqu’elles en sont munies¹⁷³) et faire fonctionner les robinets, et peut-être effectuer un nouveau test. Il est essentiel de continuer le rinçage quotidien des tuyaux afin de réduire au minimum les niveaux de plomb dans l’eau potable des écoles.

La surveillance des eaux usées dans les usines de traitement à la recherche du matériel génétique SARS-CoV-2 fournit un avertissement précoce de l’augmentation des cas^{174,175}, y compris des variants¹⁷⁶. L’accès à l’échantillonnage dans le cadre d’une nouvelle construction ou de travaux de modernisation peut permettre un échantillonnage plus précis des « égouts », ou même des installations pour détecter les infections à l’aide des marqueurs excrétés dans les eaux usées¹⁷⁷.

4.2. Nettoyage, assainissement et désinfection

L’objectif est de réduire au minimum la transmission virale à partir d’objets, de surfaces ou de poussières (fomites) susceptibles de transmettre des infections par les mains, la bouche, le nez ou les yeux.

Une liste des produits homologués auprès de Santé Canada qui devraient être efficaces contre le SRAS-CoV-2 pour l’assainissement et la désinfection des surfaces est accessible en ligne¹⁷⁸.

L'emballage de ces produits porte un numéro d'identification de médicament (DIN) ou un numéro de produit naturel (NPN). Les assainisseurs et désinfectants approuvés nécessitent un temps de contact humide pour en assurer l'efficacité. Ce temps de contact peut être de plusieurs minutes – beaucoup plus long que les 20 secondes recommandées pour le lavage avec du savon¹⁷⁸. Les recherches du gouvernement du Canada ont révélé que la réduction du virus est beaucoup plus efficace et rapide (5 secondes) lorsque les surfaces sont essuyées, comparativement à plusieurs minutes pour les produits chimiques pulvérisés qui doivent pénétrer les résidus de surface, appelés fomites¹⁴⁵.

4.2.1. Nettoyage

Le nettoyage consiste à éliminer les contaminants des surfaces. Il est nécessaire d'assainir ou de désinfecter efficacement les surfaces pour inactiver les matières potentiellement infectieuses, y compris le SRAS-CoV-2, et les organismes vivants comme les bactéries, les champignons (p. ex. les moisissures), les algues et les spores.

Le SRAS-CoV-2 est enveloppé d'une couche de lipide (graisse) qui le rend très vulnérable aux agents tensioactifs comme le savon ou le détergent, de sorte que le lavage à l'eau et au savon est la méthode privilégiée pour se laver les mains et les désinfecter. Le savon élimine les contaminants et rend le SRAS-CoV-2 inactif, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser d'autres produits chimiques antimicrobiens pour désinfecter la plupart des surfaces des bâtiments^{179,180,181}.

4.2.2. Assainissement et désinfection

L'assainissement, moins strict que la désinfection, est utilisé dans les milieux autres que ceux de la santé et pour le nettoyage des mains. Dans ces conditions, des gants sont utilisés pour protéger la peau contre les agents nettoyants; le SARS-CoV-2 peut être facilement et en toute sécurité désactivé et retiré avec de l'eau et du savon, ou avec de l'alcool. Santé Canada a publié des formulations recommandées pour les désinfectants pour les mains à base d'alcool contenant de l'alcool (éthanol ou alcool isopropylique), du glycérol et de petites quantités de peroxyde d'hydrogène et d'eau. Temporairement pendant la pandémie, de l'éthanol de qualité inférieure contenant des contaminants limités peut être utilisé pour compenser les contraintes d'approvisionnement¹⁸²; notons toutefois que certains désinfectants pour les mains à base d'alcool comportant des niveaux de contaminants inacceptables ont été rappelés¹⁸³.

Il faut procéder à une désinfection si l'on veut obtenir des environnements stériles dans certains endroits clés, comme les établissements de soins de santé, où des gants sont utilisés pour la protection et la stérilité des mains.

4.2.3. Choix plus sûrs pour assainir et désinfecter

Il existe de nombreuses options pour éliminer le SRAS-CoV-2 sur les surfaces, et les produits disponibles sur le marché présentent toute une gamme de toxicités, y compris des options virtuellement non toxiques. Un exemple important est celui du savon et de l'eau utilisés pour se laver les mains. Il a été démontré dans la littérature scientifique qu'il s'agit d'une méthode très efficace pour éliminer le SRAS-CoV-2¹⁸⁴. L'utilisation de produits moins toxiques, ou de préférence non toxiques, est encouragée, car les produits plus toxiques représentent un danger pour

les populations vulnérables et sensibles. L'utilisation de produits plus sûrs protège également contre le développement de sensibilités chez des personnes qui n'en ont pas¹⁸⁵.

Pour déterminer les effets potentiels d'un produit, il peut être utile de tenir compte des ingrédients.

Ingrédients actifs. Chez certains utilisateurs, les produits chimiques bioactifs contenus dans les désinfectants peuvent avoir des effets nocifs immédiats (p. ex. allergies ou réactions d'hypersensibilité) ou retardés (p. ex. problèmes liés au développement, aux hormones ou au système endocrinien).

Certains des ingrédients les plus préoccupants des produits de désinfection disponibles sur le marché aujourd'hui comprennent les composés d'ammonium quaternaire (QAC ou « Quats »)¹⁸⁶, le dichloroisocyanurate de sodium et quelques autres composés contenus dans un petit nombre de produits, ainsi que le triclosan et le gluconate de chlorhexidine^{18,187}.

La littérature scientifique signale que le triclosan antimicrobien commun, qui se trouve dans de nombreux désinfectants pour les mains et produits désinfectants, perturbe le système endocrinien (p. ex. la thyroïde), ce qui a une incidence sur le développement précoce du cerveau¹⁸⁸, endommage le foie et pose des risques pour les organismes aquatiques lorsqu'il pénètre dans les cours d'eau par les eaux usées¹⁸⁹. Avant le COVID-19, le triclosan était rejeté dans l'environnement à des niveaux potentiellement nocifs^{190,191}, et l'évaluation des risques pour la santé humaine n'a pas été mise à jour¹⁸⁹. Santé Canada souligne que les produits contenant du triclosan doivent être étiquetés et offre des conseils pour réduire l'exposition et protéger l'environnement. Ces conseils comprennent le fait de bien se laver les mains avec de l'eau et du savon ordinaire (notant que les ingrédients antimicrobiens ne sont pas nécessaires); de lire les étiquettes pour déterminer si le triclosan fait partie des ingrédients; de choisir des solutions de rechange; de suivre les mises en garde et les directives de sécurité; et d'éliminer les produits de façon responsable¹⁸⁹.

La chlorhexidine et ses sels sont utilisés au Canada comme antiseptiques à large spectre et agents de conservation antimicrobiens dans des produits comme les cosmétiques, les produits de santé naturels, les médicaments d'ordonnance et en vente libre pour usage humain ou vétérinaire, et les désinfectants de surface dure. Il a été recommandé d'inscrire la chlorhexidine et ses sels sur la liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE)¹⁹².

Les préparations à forte teneur en alcool sont inflammables et peuvent présenter des risques pendant la grossesse et pour les enfants, et certains autres produits chimiques posent également des risques immédiats¹⁸.

Une dernière préoccupation est que l'utilisation courante d'assainisseurs et de désinfectants en général, surtout maintenant compte tenu de leur utilisation accrue pendant la pandémie, peut contribuer au risque infectieux mondial plus lent des organismes résistants aux antimicrobiens^{193,194,195,196}. La pandémie a mis en évidence l'importance des politiques antimicrobiennes et de l'amélioration du traitement des eaux usées¹⁹⁷.

Pour favoriser des choix plus écologiques et plus sains, il est recommandé de choisir des produits d'assainissement et de désinfection qui ne contiennent pas d'ingrédients préoccupants, comme ceux qui sont désignés comme étant toxiques ou à inscrire sur les listes des substances toxiques de la LCPE, surtout lorsque des solutions de rechange plus sûres et plus écologiques sont disponibles.

Options relatives aux désinfectants plus sécuritaires. Pour aider les consommateurs à choisir des produits plus sûrs, l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis dresse une liste de

désinfectants dans le cadre de son programme Safer Choice¹⁹⁸. Certains ingrédients qui sont également approuvés au Canada comprennent l'acide L-lactique, l'acide citrique et l'acide peroxyacétique¹⁹⁹. Au cours de la pandémie, le fait de dédier les approvisionnements limités en désinfectants plus sécuritaires contenant de l'alcool (désinfectant pour les mains, de lingettes désinfectantes) ou des peroxydes²⁰⁰ au secteur des soins de santé peut entraîner l'utilisation d'un plus grand nombre de désinfectants à risque dans de nouveaux espaces et pour de nouvelles applications. Il peut être important de choisir des désinfectants plus sécuritaires, en particulier pour protéger les personnes les plus vulnérables – p. ex. les enfants, les femmes en âge de procréer, les femmes enceintes, les personnes âgées, les personnes exposées à des substances dangereuses à la maison, dans la collectivité et au travail, et celles dont la santé est compromise.

Des désinfectants contre des agents pathogènes autres que le SRAS plus robustes peuvent être souhaitables pour les applications à risque plus élevé, comme les soins médicaux et la préparation des aliments, où les peroxydes peuvent être efficaces. Bien que les peroxydes puissent présenter des risques élevés pendant la désinfection s'ils ne sont pas utilisés conformément aux directives du fabricant, une fois dissipés, ils ne posent pas de risques à long terme.

Fragrance. Santé Canada recommande qu'il n'y ait pas de parfum dans les désinfectants¹⁸, car les produits chimiques dans les parfums présentent des risques de réactions allergiques (notamment l'asthme) et d'autres effets indésirables^{19,20}. Plus de 4 000 substances, y compris des produits chimiques volatils dangereux et les phtalates, sont des ingrédients qui peuvent être présents dans les mélanges de parfums²⁰¹. Les politiques de milieux sans parfum sont courantes dans le secteur des soins de santé. Les milieux de travail interdisent de plus en plus le parfum pour la santé des travailleurs et des clients, et pour accueillir et accommoder les personnes qui s'identifient comme étant sensibles à ces produits. Des occupants d'immeubles à logements multiples ont remarqué des infiltrations d'odeurs provenant d'une utilisation un peu trop abondante de produits de nettoyage, d'assainissement et de désinfection par les voisins. Outre le fait de communiquer avec les voisins, le propriétaire ou le gestionnaire de l'immeuble²⁰², les solutions techniques pour l'infiltration entre les unités peuvent inclure le fait de colmater les fissures avec un agent de remplissage accepté (calfeutrage, agent de remplissage ou plâtre de Paris) ou du ruban adhésif (métallique ou à base de papier, qui peut dégager des gaz moins volatiles pouvant présenter des COV plus faibles).

Si des groupes vulnérables doivent utiliser des produits autres que du savon ou du détergent et de l'eau, des produits plus sûrs devraient être employés. Dans la mesure du possible, il faut procéder à la désinfection lorsque les espaces ne sont pas occupés; les résidus peuvent être lavés ou essuyés. L'optimisation de la qualité de l'air intérieur, en portant attention particulière aux détails concernant le nettoyage, est abordée dans le [Module 13, Aborder la question de la sensibilité aux produits chimiques](#)¹⁹.

4.2.4. Produits avec des allégations antivirales

Malheureusement, dans les moments où règnent la peur et l'incertitude, certains en profitent pour commercialiser des produits aux prétentions exagérées, ou sans en révéler les dangers, pour résoudre le problème du jour. Les promesses de nouveauté, d'action prolongée et de sécurité absolue méritent un examen approfondi. Les mesures inefficaces et risquées inspirées par la désinformation et les intérêts particuliers montrent bien l'importance de prêter attention aux exigences réglementaires et aux failles éventuelles dans celles-ci. Les lois du Canada exigent une évaluation réglementaire et l'approbation des traitements antiviraux comme les désinfectants, les

assainisseurs et les agents de fumigation. Cette évaluation sert à protéger la santé humaine et environnementale et de veiller à ce que les prétendues solutions fonctionnent réellement.

Les virus sont inanimés; ils doivent donc être physiquement démolis pour être inactivés (les bactéries et autres microbes vivants susceptibles de contaminer les surfaces peuvent être tués par d'autres mécanismes de toxicité biologiques). La capsule lipidique des virus du SRAS est perturbée par un contact humide avec un surfactant; les désinfectants secs ou résiduels ont tendance à avoir une activité plus faible contre les virus que les microbes, et ils peuvent eux-mêmes poser des risques lorsqu'ils entrent en contact avec la peau ou pénètrent dans l'environnement. Comme il est décrit ci-dessous, la chaleur et les rayons UV offrent des moyens non chimiques d'inactiver les virus du SRAS.

On s'intéresse notamment ici aux surfaces qui présentent des propriétés « autodésinfectantes », par exemple : 1) l'action résiduelle d'une application chimique, ou 2) les caractéristiques intrinsèques de la surface (p. ex. le SRAS-CoV-2 a une demi-vie plus courte sur le cuivre que sur d'autres surfaces²⁰³). Cette approche peut avoir un certain mérite, mais ce n'est pas encore une option validée contre les virus, et elle peut présenter des risques.

Des plastiques auxquels des produits chimiques antimicrobiens ont été incorporés sont commercialisés, mais ils ne sont efficaces que dans la mesure où ils lessivent des produits chimiques dangereux à leur surface²⁰⁴; ils sont donc soumis aux mêmes limitations que les autres produits chimiques secs résiduels. De même, un test réalisé sur une surface traitée par la nanotechnologie à l'aide d'échantillons de virus liquides²⁰⁵ pourrait surestimer l'efficacité contre des particules sèches qui se déposent après avoir été transportées dans l'air. Les surfaces catalytiques qui permettent de détruire les bactéries et les virus ont été étudiées dans le contexte de la filtration de l'air²⁰⁶ et des systèmes liquides²⁰⁷, et on a conclu à une faisabilité incertaine et à la présence de risques lorsque cela est utilisé sur des surfaces touchées.

Les étiquettes des produits homologués pour nettoyer/désinfecter les surfaces comprennent des instructions précises pour la pulvérisation à distance, que la loi exige de respecter²³. Les pulvérisateurs électrostatiques qui appliquent des désinfectants sans qu'il soit nécessaire d'essuyer les surfaces sont publicisés pour exiger beaucoup moins de quantité d'un produit, de sorte que leur utilisation peut ne pas donner des temps de contact adéquats, particulièrement sur les surfaces plus difficiles à atteindre (p. ex. surfaces de meubles qui se trouvent sous et derrière la surface pulvérisée)^{208,209}.

Les produits qui sont appliqués sur des surfaces ou pulvérisés de façon plus générale pour contrôler les agents infectieux doivent être enregistrés comme médicaments (avec un numéro d'identification de médicament ou DIN) ou comme pesticides (avec un numéro en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* (LPA)). L'utilisation d'un produit non homologué auparavant dans le but d'assurer une protection prolongée contre le SRAS-CoV-2 dans les trains de Toronto a fait l'objet d'une intervention de l'ARLA. Le produit a depuis été homologué (LPA n° 15133) contre les bactéries, les champignons et les algues, mais il n'est pas étiqueté pour les applications antivirales. Au moment de la rédaction du présent document, aucun produit de pulvérisation spatiale ou de « brumisation » n'était homologué pour la décontamination du SRAS-CoV-2 au Canada – les instructions précisent « l'application directe » ou sur de petites distances pour la pulvérisation (confirmé par une recherche sur les étiquettes²³ [juin 2021], une communication personnelle avec l'ARLA [mai 2021] et une communication personnelle de janvier 2021 pendant le Forum scientifique 2021 de Santé Canada). Santé Canada a fait état de recherches sur la décontamination

des surfaces dans les établissements de soins de santé par pulvérisation à l'acide peracétique.²¹⁰ Les recherches sur Internet révèlent des services de brumisation utilisant du peroxyde, de l'ozone ou les deux combinés, dont il est question à la section 3.5.

4.2.5. Plan de nettoyage, d'assainissement et de désinfection

Les surfaces/éléments qui sont fréquemment touchés par plusieurs personnes peuvent devenir des endroits de transfert de virus; elles exigent donc un nettoyage fréquent avec un mélange d'eau et de savon ou de détergent, ou un essuyage avec de l'alcool s'il n'y a pas de savon et d'eau à disposition. Parmi les objets devant être nettoyés, notons les poignées de porte, les interrupteurs d'éclairage, les accessoires de salle de bain, les rampes, les boutons-poussoirs (pour les portes, les ascenseurs, l'interphone, etc.) et les équipements ou appareils partagés (p. ex. les photocopieurs, les distributeurs de boissons et les dispositifs de paiement). Les surfaces personnelles fréquemment touchées doivent également être nettoyées, notamment les appareils électroniques, les récipients pour boissons et l'équipement non partagé dans l'espace de travail (p. ex. les bureaux, les chaises, les ordinateurs et les fournitures de bureau).

Le **lavage des mains** doit être accessible, y compris pour les enfants et les personnes en fauteuil roulant. Pour ce faire, il faut :

- ✓ du savon (sans désinfectant ni parfum) et de l'eau;
- ✓ des serviettes pour se sécher les mains, comme des serviettes lavées ou des essuie-tout à jeter dans un dispositif dédié pour permettre le recyclage ou le compostage (s'assurer que les séchoirs à air sont désactivés pour prévenir une source potentielle de virus en suspension dans l'air²¹¹);
- ✓ un désinfectant pour les mains sans parfum à base d'alcool autorisé dans les distributeurs (envisager des dispositifs sans contact) aux entrées, sorties, ascenseurs et autres endroits où il peut y avoir des interactions ou des surfaces fréquemment touchées, et aucun accès facile au lavage des mains;
- ✓ une signalisation aux postes de désinfection des mains et la façon de se laver les mains avec du savon, aux emplacements des éviers.

Passer l'aspirateur, dans le meilleur scénario, sert de « nettoyage ». Afin de réduire au minimum le risque de remise en suspension de poussières chargées de virus provenant de tapis ou de meubles mous, une filtration HEPA devrait idéalement être installée dans l'appareil et entretenue conformément aux instructions du fabricant. Le personnel de nettoyage doit utiliser un équipement de protection individuelle approprié (EPI : masque pour la protection des voies respiratoires, protection des yeux et gants pour la protection contre les produits chimiques) et se laver les mains fréquemment avec de l'eau et du savon. Il est recommandé de passer l'aspirateur pendant les heures creuses (ce qui est déjà une pratique courante). Les systèmes de ventilation et d'épuration de l'air doivent continuer à fonctionner pendant et après les périodes d'entretien.

4.3. Adaptation, modifications, nouvel équipement et nouvelles procédures

En plus d'améliorer la ventilation et le nettoyage de l'air pour améliorer la qualité de l'air (section 3), d'autres moyens novateurs pour réduire les niveaux de SRAS-CoV-2 dans l'environnement et la transmission virale sont à l'étude, proposés, mis à l'essai et mis en œuvre.

Des **barrières physiques** (p. ex. des cloisons ou des écrans) installées pour séparer le personnel du public (p. ex. aux bureaux de service), et le personnel, les étudiants et les autres occupants/visiteurs, peuvent intercepter des gouttelettes. Les aérosols continueront d'être diffusés par le débit d'air. Les barrières peuvent diriger les flux d'air, avoir une incidence sur ceux-ci et diminuer la ventilation dans certaines zones, de sorte qu'il pourrait y avoir une limite à l'élimination des aérosols infectieux dans un espace qui est censé être protégé¹²⁰. L'épuration de l'air local peut contribuer à la lutte contre les virus. De plus, les barrières pour intercepter les gouttelettes infectieuses doivent être nettoyées fréquemment.

L'équipement à commande vocale ou sans contact – des robinets aux assistants – attire de plus en plus l'attention pendant la pandémie. Les avantages ne sont pas clairs, car le fait de parler peut augmenter l'expiration des virions, et la transmission par fomites est maintenant considérée comme rare et peut être atténuée par le nettoyage. Pour se protéger contre les pannes des composants des commandes vocales, en particulier dans les applications essentielles, telles que les ascenseurs, la conception de l'équipement doit également inclure des commandes conventionnelles comme des boutons-poussoirs.

Dans le cadre des efforts de dépistage plus vastes, des **appareils portables de mesure de la température** sont utilisés pour détecter la fièvre chez les voyageurs du transport aérien et sur les lieux de travail à l'étranger. Un examen de la technologie réalisé par l'Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé (ACMTS) a conclu, sur la base de preuves limitées, que les méthodes de dépistage de la température à l'aide de thermomètres à infrarouge étaient inefficaces pour détecter le virus chez le personnel ou les visiteurs infectés entrant dans les établissements de santé ou chez les voyageurs²¹². Le test de la température à l'aide de thermomètres à infrarouge en lui-même comporte des inexactitudes (la fièvre doit être mesurée à l'intérieur de l'oreille) et ne relèvera pas les cas afébriles ni les cas de personnes qui ont pris des médicaments qui font baisser la fièvre.

Les **oxymètres de pouls** sont des pinces qui mesurent le pouls et la saturation en oxygène du sang et qui peuvent détecter une « hypoxie silencieuse » qui peut être provoquée en cas d'infection à la COVID-19. Ils servent à contrôler les visiteurs des services de santé communautaires. L'hypoxie n'est généralement pas le premier symptôme de la COVID-19, de sorte qu'il est peu probable que l'oxymétrie de pouls, bien qu'elle soit importante dans les milieux cliniques, permette de détecter des infections autrement asymptomatiques²¹³.

Il ne faut pas pour autant dénigrer l'utilisation de thermomètres portatifs ou d'oxymètres de pouls, car ils sont utilisés dans des milieux à risque élevé comme les cliniques dentaires. Pris ensemble, le dépistage, l'éducation et l'interrogation des symptômes et des contacts peuvent améliorer la sensibilisation et le respect des protocoles de santé publique, contribuer à comprendre les aspects épidémiologiques, améliorer les mesures de santé publique comme l'isolement et la mise en quarantaine, et influencer sur la volonté des personnes malades à voyager ou à se rendre sur les lieux de travail, à l'école ou à un rendez-vous non essentiel. Par conséquent, grâce à un dépistage approfondi, on peut obtenir une autre couche de protection utile²¹⁴. Ces activités, ainsi que l'identification et le suivi des cas et des contacts, exigeront la participation honnête du personnel, des occupants, des visiteurs et de la direction, de même que le soutien de la santé publique.

5. Réponse continue

Il peut être difficile et stressant de se tenir au courant des détails de l'évolution des conseils et des exigences des administrations de la santé publique fédérale²¹⁵, provinciales et locales, ainsi que des exigences propres au site (p. ex. limites d'occupation, allées et escaliers unidirectionnels). Le succès de la réduction de la transmission de la maladie dépendra de l'adhésion continue à de multiples couches de protection dans des emplacements comme les bureaux, les laboratoires, les salles de réunion, les salles de classe, les toilettes, les ateliers, les cafétérias, les salles d'expédition et de manutention, les couloirs, les ascenseurs et les escaliers. Les directives et les exigences s'adressant aux particuliers sont fondées sur des principes de santé publique simples¹¹ :

- ✓ Rester à la maison et à l'écart des autres lorsque vous présentez des symptômes de la COVID-19 (même s'ils sont bénins), si vous avez reçu un diagnostic de COVID-19 ou y avez été exposé, ou lorsque vous attendez un résultat de test
- ✓ Réduire au minimum les interactions (c.-à-d. peu de contacts, brèves interactions en maintenant la plus grande distance possible)
- ✓ Éviter les espaces fermés (avec une mauvaise ventilation) et les endroits surpeuplés
- ✓ Porter de façon appropriée un masque bien conçu, bien ajusté et efficace (c.-à-d. « efficace »)
- ✓ Pratiquer l'hygiène des mains et l'étiquette respiratoire
- ✓ Nettoyer et désinfecter les surfaces et les objets fréquemment touchés

Les employeurs et les gestionnaires d'immeubles peuvent aider en donnant des instructions claires et uniformes, et en installant des affiches sur place pour éviter la confusion, encourager la conformité et, espérons-le, atténuer la frustration et les inquiétudes. Pour naviguer dans la pandémie, il faut des voies de communication ouvertes, par exemple entre la direction, le personnel et les syndicats, ou le personnel d'éducation, les élèves et les groupes de parents, ainsi que la santé publique et d'autres experts, afin de prendre des mesures uniformes.

Si la COVID-19 est présente dans la collectivité, elle proliférera dans les lieux de rassemblement. Il est donc important d'établir et de communiquer un arbre décisionnel et un plan d'action lorsqu'un occupant ou un visiteur présente des symptômes ou a reçu un résultat positif à un test de dépistage de la COVID-19. Des ressources et des modèles sont de plus en plus disponibles auprès des organisations publiques, syndicales et de santé au travail (voir Ressources, section 9).

Les contrôles techniques sont moins susceptibles d'empêcher la transmission du SRAS-CoV-2 entre des personnes relativement proches l'une de l'autre, en particulier sur une période prolongée; par conséquent, des mesures pour encourager et exiger la distanciation physique, le port du masque et limiter le nombre de contacts interpersonnels (p. ex. « regrouper les gens en cohortes » pour restreindre les contacts interpersonnels à un petit groupe cohérent de personnes) devraient être incluses dans les stratégies visant la continuité des activités pendant que les risques liés à la COVID-19 demeurent.

5.1. Détection de la COVID-19 et mesures de santé publique

Les exigences et l'orientation en matière de santé publique déterminent les mesures adoptées en milieu de travail. Celles-ci changeront en fonction du niveau de risque dans la collectivité (nombre et taux de changement des cas de COVID-19, y compris des variants) et du scénario (p. ex. lieu de travail, école, espace communautaire ou commercial, installation extérieure). La prévalence et la transmission des variants du SRAS-CoV-2 dans la collectivité déterminent les risques de transmission à l'intérieur des bâtiments et, par conséquent, le besoin de restreindre la réouverture et les services. La surveillance des eaux usées, y compris des variants, peut éclairer les mesures

précoces avant que la contagion dépasse les capacités en matière de santé publique et de soins de santé et que les mesures de confinement deviennent nécessaires^{174,175}. Fait important, les enfants et les adolescents peuvent être des porteurs silencieux et importants de l'infection. Celle-ci peut être détectée au moyen de tests de dépistage pour les personnes asymptomatiques dans les régions où l'incidence de la maladie est élevée^{61,216}.

Voici une liste détaillée des mesures possibles.

Dépistage et suivi de la COVID-19

L'émergence de variants extrêmement contagieux augmente le risque de propagation rapide. Les dépisteurs doivent porter un équipement de protection individuelle et la personne faisant l'objet du contrôle doit porter un masque.

- ✓ Dépistage rapide des symptômes du SRAS-CoV-2, isolement, recherche des contacts et quarantaine, et dépistage et isolement des cas positifs. Envisager de tester les contacts étroits. Établir les rôles de la santé publique et d'autres intervenants, lorsqu'une personne qui se trouvait dans l'immeuble a un test positif;
- ✓ Des tests de routine (de préférence des tests rapides) pour détecter les porteurs présymptomatiques ou asymptomatiques;
- ✓ Dépistage avant et après le travail ou l'école au moyen d'un questionnaire ou d'une application pour signaler les symptômes et l'exposition à des cas potentiels ou connus;
- ✓ En conjonction avec les questionnaires, des mesures de dépistage des températures élevées à l'aide d'un thermomètre portatif sans contact et peut-être à l'oxymétrie de pouls ont été mises en œuvre. Ces mesures sont utilisées dans les établissements de soins de santé, avec des équipes sportives, et ont été proposées comme mesure pour la réussite du retour au collège ou à l'université^{71,217}. Comme dans le cas de tous les dépistages non invasifs, ces mesures ne sauront dépister les cas présymptomatiques et asymptomatiques;
- ✓ Dans des situations particulières où le nombre de cas augmente, dans le contexte d'interactions entre des personnes, y compris des personnes potentiellement infectées, il faut envisager le dépistage du SRAS-CoV-2 dans le contexte de stratégies ciblées pour les personnes asymptomatiques et présymptomatiques.

Le port du masque

- ✓ Le port adéquat et uniforme de masques bien conçus, bien ajustés et efficaces (c.-à-d. « efficaces ») est une stratégie très importante parmi les approches à plusieurs niveaux visant à réduire la COVID-19. Voir la section 3.1 et l'annexe 2 – section 7;
- ✓ Se laver et se désinfecter les mains fréquemment, surtout après un contact avec des surfaces ou des objets fréquemment touchés ou avec d'autres personnes, et avant et après avoir enfilé et enlevé son masque;
- ✓ Remplacer les masques souillés ou humides et les laver (avec du savon ou du détergent sans parfum) et sécher les masques réutilisables souillés, humides ou après plusieurs heures d'utilisation;
- ✓ Les masques multicouches bien ajustés fournis par les employeurs protègent les employés et le public et contribuent à une perception positive du public.

Suivi des cas et des contacts, isolement et mise en quarantaine, et indicateurs d'infection

- ✓ Promouvoir l'utilisation volontaire d'une application téléphonique éthique²¹⁸ lorsqu'elle est validée pour la notification des contacts en cas de COVID-19 (l'application canadienne est

accessible à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/maladie-coronavirus-covid-19/alerte-covid.html>)

- ✓ des politiques claires et une indemnisation pour rester à la maison en cas de maladie, à la suite d'une exposition importante à une personne infectée, ou pour prendre soin de membres de la famille (selon la définition de la santé publique);
- ✓ En partenariat avec la santé publique, les installations de traitement des eaux usées et des chercheurs, l'analyse des eaux usées pour la détection du SRAS-CoV-2 peut fournir une indication précoce que le virus est actif dans un bâtiment, une collectivité ou une région²¹⁹ (la Coalition Eaux usées COVID-19 du Réseau canadien de l'eau fait progresser « l'épidémiologie basée sur les eaux usées » dans le contexte du SRAS-CoV-2²²⁰, y compris des variants²²¹).
- ✓ Tests de dépistage du SRAS-CoV-2 (y compris les variants) et l'immunité, le cas échéant et selon la disponibilité.

5.2.Mesures sur les lieux de travail et dans les établissements d'enseignement

Chaque lieu de travail, école ou autre bâtiment doit être inspecté et évalué pour la détection des risques (points de vulnérabilité) à l'aide d'une liste de contrôle normalisée.

Les mesures de santé publique peuvent comprendre :

- ✓ Le télétravail est approprié pour les employés lorsque leur présence sur place n'est pas essentielle, et en particulier pour les employés qui ont des problèmes de santé chroniques ou qui vivent avec une personne qui a des problèmes de santé chroniques (p. ex. cardiopathies, hypertension, maladies respiratoires chroniques, diabète, obésité, cancer et traitements immunosuppresseurs²²²) et les expose à un risque accru de maladies ou de conséquences graves de la COVID-19;
- ✓ la distance physique et les pratiques de protection personnelle (p. ex. port approprié d'un masque efficace, lavage des mains et étiquette respiratoire);
- ✓ l'éducation à l'extérieur (petits groupes, avec masques et distance physique) et apprentissage à distance;
- ✓ réduction au minimum de la taille et de la diversité des groupes qui se réunissent en personne (c.-à-d. former et exiger de petites cohortes plutôt que de changer continuellement les membres des groupes sur place);
- ✓ horaires de travail décalé pour réduire au minimum l'encombrement, comme aux entrées, aux ascenseurs et dans les comptoirs de restauration;
- ✓ des masques et d'autres EPI pour le personnel de nettoyage et d'entretien, selon le cas, pour se protéger contre les produits chimiques (p. ex. désinfectants) et les expositions infectieuses

potentielles (p. ex. pendant l'aspiration), et des fournitures adéquates pour changer l'EPI au besoin;

- ✓ le nettoyage et la désinfection des surfaces et des objets fréquemment touchés;
- ✓ les changements de procédure, comme l'utilisation de signatures et de fichiers électroniques.

5.3. Aménagements physiques sur les lieux de travail et dans les milieux scolaires

- ✓ Aménager le mobilier (p. ex. bureaux, tables, chaises) de manière à limiter et à répartir les sièges, restreindre l'occupation des bureaux à aire ouverte (p. ex. utiliser d'autres corrals), reconfigurer les bureaux à aire ouverte où, auparavant, les particuliers employés pouvaient y mettre une petite touche personnelle. La nouvelle disposition du mobilier ne devrait pas compromettre les mesures de santé et de sécurité.
- ✓ La rénovation des barrières en plastique là où le personnel interagit avec le public ou avec de nombreux employés (p. ex. bureaux aux entrées) et dans des espaces restreints. Il convient de noter que la mise en place des barrières doit tenir compte de la circulation de l'air et des mesures correctives possibles telles que des purificateurs d'air autonomes, tout en veillant à ce que l'air potentiellement contaminé ne soit pas dirigé par inadvertance vers une zone occupée potentiellement plus propre.
- ✓ L'installation d'affiches indiquant les directions à suivre (p. ex. des escaliers, des couloirs et des allées à direction unique, le nombre maximum de personnes dans l'ascenseur ou dans des pièces particulières, les marques sur le sol délimitant les distances de séparation)
- ✓ Lorsque cela est possible, laisser les portes ouvertes. Si cela est possible, prévoir des entrées sans porte (p. ex. comme cela a été prévu pour les toilettes dans certains espaces commerciaux).
- ✓ Pour ce qui est des toilettes, envisager de moderniser les couvercles des toilettes¹⁷², utiliser des serviettes plutôt que des sèche-mains après le lavage des mains²¹¹, effectuer un nettoyage fréquent et veiller à ce qu'il y ait une ventilation robuste et continue (les toilettes sont maintenues à une pression plus basse).
- ✓ Les conteneurs à déchets fermés peuvent être munis de couvercles à pédale. La capacité de ces conteneurs doit être suffisante, et ils doivent être vidés fréquemment en raison de volumes potentiellement plus élevés de serviettes en papier et d'autres déchets liés à la pandémie. Envisager le compostage ou le recyclage du papier;
- ✓ Des contenants de boissons réutilisables propres et d'autres articles peuvent être utilisés en toute sécurité dans les établissements de vente au détail²²³.

5.4. Surveillance, apprentissage continu et préparation

L'urgence sanitaire engendrée par la COVID-19 exige une adaptation rapide et continue. Les leçons tirées de la réouverture des bâtiments et de la reprise des activités propres à chaque établissement seront importantes à mesure que le SRAS-CoV-2 subi une mutation et que la COVID-19 continue de se propager, ainsi que pour les urgences subséquentes. La collecte systématique de données, y compris les détails des tests et des cas de COVID-19, ainsi que les indicateurs environnementaux (p. ex. les eaux usées¹⁷⁴), est essentielle pour des interventions rapides, coordonnées et fondées sur des données probantes et l'élaboration de plans de préparation. Des protocoles propres à l'établissement devraient être élaborés et mis à disposition, y compris en ce qui concerne l'exploitation de l'immeuble en période de faible occupation, d'arrêt et de

réouverture, afin de maintenir une ventilation, l'épuration de l'air et l'approvisionnement en eau de manière sécuritaire et adéquate.

On s'attend à ce que la période d'apprentissage lors de la réouverture par étapes entraîne de fréquents ajustements en vue de réduire la transmission potentielle du virus à mesure que le nombre de personnes qui retournent au travail, à l'école et dans les lieux publics augmente, et à mesure que la transmissibilité et la gravité de la COVID-19 évoluent. Il est très difficile de réduire au minimum la transmission du SRAS-CoV-2, et des approches innovatrices à plusieurs volets devraient être évaluées et communiquées. L'atténuation de la COVID-19 aura l'avantage supplémentaire de réduire la propagation d'autres virus tels que la grippe^{224,225}.

Lorsque des cas de COVID-19 surviennent au sein de groupes comme des travailleurs ou des étudiants, qu'elle ait été contractée à la maison, dans les loisirs, au travail, à l'école ou ailleurs, tous les intervenants visent à détecter les cas le plus tôt possible et à rechercher les contacts et à les mettre en quarantaine rapidement et efficacement afin d'interrompre la chaîne de transmission. L'examen des circonstances de la transmission peut permettre de formuler des recommandations supplémentaires afin d'atténuer encore plus la propagation. Des protocoles et des arbres décisionnels pour l'intervention devraient être établis, communiqués aux occupants et aux visiteurs, et examinés et révisés régulièrement et de façon transparente. Le changement et le manque de clarté des « règles » contribuent au stress supplémentaire et à la « fatigue COVID » et nuisent à la conformité.

À l'avenir, les installations devront être conçues, construites et modernisées de manière à offrir des capacités polyvalentes pour s'adapter à diverses menaces émergentes. Par exemple, au-delà de la ventilation avec l'air extérieur pour lutter contre les maladies contagieuses, d'autres menaces, comme des températures plus élevées et des conditions météorologiques plus extrêmes liées au climat, et la fumée des feux de forêt, exigent des capacités différentes. Il s'agit notamment d'une ventilation réduite avec l'air extérieur et d'une filtration et d'une épuration de l'air de haute qualité et à haut rendement pour contrer les produits chimiques et les particules.

Pour que nous soyons bien préparés et pour pouvoir intervenir rapidement, il faut disposer d'approches systématiques de la planification, d'une documentation détaillée, de simulations ainsi que de méthodes et de pratiques permettant des ajustements ultérieurs. Plus important encore, il faut tirer des leçons des situations d'urgence. Au fur et à mesure que les expériences avec le COVID-19 se déroulent, il nous appartient à tous de veiller à ce que les données soient recueillies et à ce que l'expérience soit mise en pratique pour une amélioration continue et de meilleurs résultats pour la population, l'économie et l'environnement à court terme et pour la prochaine fois²²⁶.

6. Annexe 1 : Transmission du SARS-CoV-2 et de la COVID-19

annexe sur la réouverture des bâtiments dans le contexte de la COVID-19, première mise à jour

Pour intercepter le SRAS-CoV-2 et en réduire la transmission, il faut comprendre le processus morbide. La COVID-19 commence par l'inhalation de particules chargées de virus qui atteignent les muqueuses des systèmes respiratoire et digestif ou par un transfert main à visage à la bouche, au nez ou aux yeux. Les virus eux-mêmes ne sont pas réellement vivants, ce qui a des implications sur les méthodes permettant de les inactiver. Le SRAS-CoV-2 pénètre dans les cellules sensibles des voies respiratoires ou digestives, où les ressources, les structures et les enzymes des cellules hôtes répliquent le virus et en libèrent de nombreuses copies. Au cours de l'infection par le SRAS-CoV-2, avant même que les symptômes ne se manifestent, le virus est excrété des voies respiratoires²²⁷ et du tube digestif (dans les selles)^{228,229}, contaminant ainsi l'environnement et transmettant potentiellement l'infection aux hôtes sensibles.^{38,39}

Étant donné qu'il est peu probable qu'on atteigne le niveau zéro de transmission virale – l'état de perfection – dans les lieux de travail et les écoles pendant que le SRAS-CoV-2 circule dans la communauté, on peut se demander quelle est la charge virale qui pourrait être tolérée. Bien qu'on s'attende à ce que cela diffère d'une personne à l'autre et d'un variant à l'autre, il s'agit d'une perspective qui oriente les stratégies de prévention. Une seule particule virale ou « virion » peut être suffisant pour induire l'infection de cellules dans un laboratoire, mais les défenses naturelles de l'organisme font en sorte que la dose infectieuse est plus élevée chez l'homme. Le fait que le virus se réplique au point qu'une personne devient infectée et excrète le virus ou développe des symptômes dépend de plusieurs facteurs : la dose de virions, l'âge et l'état de santé de la personne (état préexistant, la nutrition, le repos, etc.), si la personne a déjà été infectée ou a reçu un vaccin efficace, et l'endroit où les virions se déposent dans le corps (p. ex. la bouche et les voies respiratoires supérieures où certains virions peuvent être expulsés, par opposition à des tissus sensibles des poumons inférieurs).

La dose de virions reçue dépend à la fois de la durée et de l'intensité de l'exposition. En revanche, l'exposition concerne la personne infectieuse qui rejette le virus (volume et concentration des virions dans l'air expiré pendant qu'elle respire, parle, chante, fait de l'exercice, éternue et tousse, ou même qu'elle respire silencieusement), à proximité de la source, et des facteurs de protection comme le port de masques et la ventilation (les rencontres à l'extérieur sont plus sûres, mais le fait d'être à proximité est toujours plus risqué). Des expositions prolongées à des niveaux inférieurs de virions ou des expositions cumulatives à plusieurs personnes infectées ainsi qu'à des virions dans l'environnement (p. ex. sur des surfaces/objets) peuvent faire en sorte qu'une personne soit infectée, puis infectieuses et enfin, développe éventuellement (pas toujours) des symptômes. Ces divers facteurs appuient la modélisation des risques relatifs, sinon absolus, qui peut servir à établir la priorité des mesures d'atténuation pour limiter la transmission aérienne¹⁵ (Annexe2 - section 7).

Les données probantes scientifiques et les recommandations ont évolué au fur et à mesure que la compréhension de la transmission par voie aérienne du SRAS-CoV-2 s'est améliorée. Dans une lettre adressée à l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 239 scientifiques ont affirmé avoir des preuves scientifiques de la transmission aéroportée et souligné l'importance de la prendre en compte. Ils ont insisté sur l'utilisation généralisée de masques non médicaux de bonne qualité, sans compromettre l'approvisionnement en fournitures médicales¹⁵ – une recommandation que soutiennent désormais le Canada⁸⁶ et l'OMS⁸⁷. Le port du masque est de plus en plus nécessaire

dans les espaces intérieurs, les véhicules de transport en commun et les espaces extérieurs très occupés, en particulier lorsqu'il est impossible de respecter la distanciation physique. À l'appui de la santé publique, Masks4Canada.org propose un survol scientifique et des conseils détaillés sur un élément essentiel de la lutte contre cette pandémie²³⁰.

Dans le cadre des mesures visant à minimiser la présence et la transmission d'agents infectieux, il faut relever des défis importants liés au SRAS-CoV-2, qui sont différents des défis liés à certaines épidémies antérieures, telles que le SRAS⁴⁷. Les hypothèses de travail qui étaient raisonnables au début de la pandémie de COVID-19 comprenaient des sous-estimations de la transmission présymptomatique et asymptomatique, de la transmission par les enfants, et transmission par particules en suspension dans l'air sur des distances bien supérieures à la distance physique minimale suggérée de deux mètres; la séparation entre les individus devrait être aussi grande que possible.

6.1. Transmission présymptomatique et asymptomatique

Des charges élevées de SARS-CoV-2 dans le nez et la gorge et la contamination de l'environnement qui en résulte peuvent survenir plusieurs jours avant l'apparition des symptômes, ce qui entraîne une « transmission présymptomatique⁴⁸ » tandis que les personnes qui n'ont jamais de symptômes causent une « transmission asymptomatique⁵¹ ». Les estimations varient, mais selon les modèles des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) américains, on considère que de 10 à 70 % des cas infectieux peuvent rester « silencieux » et ne jamais développer de symptômes²³¹. Ainsi, le dépistage de la COVID-19 sur la base des symptômes signifie que la plupart des cas ne sont pas détectés, et qu'aucun cas n'est détecté avant qu'une personne ait une forte possibilité de transmettre le virus. C'est pourquoi il est essentiel de procéder rapidement au dépistage des cas, à la recherche des contacts, à l'isolement (des cas) et à la mise en quarantaine (des contacts) pour limiter la propagation de la maladie. La modélisation à l'aide d'une ressource interactive en ligne²³² de la réouverture des collèges indique qu'en plus de l'assainissement, des masques et de la distanciation physique, il est essentiel de tester fréquemment des personnes apparemment en bonne santé pour détecter le virus.^{71,217}

La limitation des contacts au travail et à l'école vise à limiter le nombre de personnes qui doivent rester à la maison lorsqu'un cas est identifié. Cet arbre décisionnel administratif est un élément important de la planification de la réouverture et de la continuité des activités. Cependant, dans certaines administrations, une fois que les élèves sont retournés à l'école – à distance ou en personne – de petites classes ont été fusionnées et la distance physique n'était plus possible, ce qui a créé le besoin d'une plus grande prudence pour limiter les contacts et accroître la surveillance. Les lieux de travail, les restaurants, les bars et les magasins peuvent également devenir plus bondés.

La recherche des contacts est généralement tournée vers l'avenir pour identifier les contacts qui pourraient avoir été infectés par un nouveau cas – il s'agit d'un élément essentiel de l'intervention de santé publique du Canada. La recherche des contacts pour identifier la source ou le porteur précédent de l'infection (c.-à-d. la recherche rétrospective des contacts) peut être impossible parce que la transmission peut provenir de porteurs asymptomatiques^{50,233}, y compris des enfants⁵¹, et peut souvent échouer en dehors du contexte de l'éclosion (p. ex. données de l'Ontario⁴⁹).

Parfois, particulièrement lors d'enquêtes sur des éclosions, la recherche rétrospective est utilisée pour identifier la source ou le porteur précédent de l'infection. La propagation de la COVID-19 n'est pas uniforme, car une minorité de cas entraîne une majorité d'infections – en d'autres termes,

des « événements de super-infection ». Une combinaison systématique de ces méthodes – permettant d’identifier les personnes qui causent de nombreuses infections et leurs contacts – peut se traduire par une identification et un isolement plus efficaces des cas ^{234,235}.

6.2. Les enfants peuvent être des vecteurs sous-estimés du SRAS-CoV-2

Bien qu’une minorité de personnes apparemment en bonne santé et de tous âges développent des cas graves de COVID-19, les enfants en particulier ont tendance à développer une maladie plus bénigne ou asymptomatique, non reconnue. Les enfants peuvent présenter des symptômes courants de la COVID-19, mais ils ont aussi tendance à présenter des symptômes abdominaux, des changements cutanés ou des éruptions cutanées, ainsi que des symptômes qui imitent ceux d’un rhume. Les enfants, en particulier ceux qui ont des problèmes de santé préexistants, peuvent développer des complications graves de la COVID-19 qui met leur vie en danger et développer un syndrome post-viral, auto-immune et inflammatoire grave^{236,237,238}. Ce problème évolue, car le variant alpha touche de plus en plus les jeunes. ⁵⁹

Certaines études de faible envergure émettent une opinion optimiste selon laquelle la transmission virale par et parmi les enfants est inférieure à celle des adultes, que la maladie est plus bénigne chez de nombreux enfants et que l’on observe peu de transmission (souvent dans de petites familles), en grande partie pendant les périodes de confinement, lorsque la transmission entre le parent et l’enfant était plus fréquente, et non l’inverse, pendant que les enfants étaient à la maison²³⁹. Les analyses des charges virales de divers groupes d’âge n’ont révélé aucune raison de croire que les enfants sont moins contagieux⁵³; en effet, une étude effectuée à Chicago portant sur 145 enfants a démontré que la charge virale retrouvée dans les écouvillons de jeunes enfants était de 10 à 100 fois plus élevée⁵⁴. Comptant de faibles niveaux communautaires de COVID-19, le Rhode Island a constaté que la transmission du virus dans les établissements de garde d’enfants pouvait être limitée grâce au respect des mesures de santé publique, tandis que des grappes d’éclosion étaient associées à un manque de respect de ces mesures²⁴⁰. La réouverture des écoles et des collèges a connu un succès mitigé et s’est transformée en apprentissage en ligne. Par exemple, une importante éclosion s’est produite 10 jours après l’ouverture d’une école israélienne bondée²⁴¹, et environ la moitié des enfants et des conseillers ont rapidement été infectés dans un camp d’été où l’attention à la prévention de la COVID-19 était limitée²⁴².

D’éminentes organisations de santé publique canadiennes et internationales estiment que l’éducation et la réouverture des écoles sont des priorités élevées pour la santé et le développement des enfants²⁴³. Une planification détaillée, un soutien pour les changements à la ventilation et aux salles de classe, le nettoyage et la surveillance continue sont nécessaires pour s’adapter et adopter des opérations sécuritaires afin que les enfants vulnérables ne soient pas laissés pour compte²⁴³.

On apprend des leçons. Au cours de l’été et de l’automne 2020, les entreprises canadiennes, puis les écoles, ont rouvert. Toutefois, durant l’automne, le nombre de cas de COVID-19 s’est multiplié. De nombreux contacts n’ont pu être identifiés de sorte que l’on a soupçonné la transmission par des personnes asymptomatiques. À la fin de novembre 2020, des écoles de Windsor⁶⁰ et de Toronto⁶¹ ont détecté des douzaines de cas insoupçonnés, surtout chez les élèves.

Dans le Journal de l’Association médicale canadienne, Vogel prévient que les écoles peuvent être rouvertes en toute sécurité tant que la transmission dans la collectivité est faible et que des mesures appropriées sont en place, comme la réduction de la taille des classes et des salles de classe bien ventilées⁵⁷.

La modélisation de la réouverture des collèges indique qu'en plus des masques, de la distanciation physique, de la réduction de la fréquence et de la durée des interactions personnelles, ainsi que du nettoyage et de la désinfection, il est essentiel de faire des tests fréquents et réguliers de dépistage du virus chez les personnes asymptomatiques si l'on veut contrôler la COVID-19^{71,217}. En juin 2021, l'Ontario a cité l'augmentation prévue du nombre de cas, en particulier de variants préoccupants, comme raison de ne pas rouvrir les écoles avant une plus grande couverture vaccinale⁶².

6.3. La transmission par voie aérienne est élevée et répandue

Le SRAS-CoV-2 est un virus aéroporté transmis par des gouttelettes respiratoires chargées de virus provenant d'une toux ou d'un éternuement, ainsi que par des aérosols infectieux plus petits expirés lors de la respiration, de la parole, du chant, de l'exercice physique et des cris^{63,41,64}. De plus, les gouttelettes expirées peuvent se déshydrater, rétrécir et, dans le cas des aérosols plus fins, rester en suspension dans l'air et être infectieuses, dérivant sur des distances bien au-delà des deux mètres demandés dans le cadre de la distanciation physique^{64,203}. Le SRAS-CoV-2 persiste pendant plus de trois heures en fines gouttelettes dans des conditions expérimentales²⁰³, et les plus petites particules peuvent atteindre les voies respiratoires inférieures – les tissus les plus vulnérables d'un hôte humain non immunisé ou sensible^{88,6}.

Le SARSCoV-2 a été transmis par des courants d'air intérieurs par un hôte infecté à plusieurs autres personnes assises à plus de deux mètres dans un restaurant⁶⁶, dans un centre d'appels mal ventilé et bondé⁶⁷, par un chanteur infectieux à plusieurs autres membres de la chorale pendant une répétition⁶⁰ et dans un immeuble d'appartements par des événements de plomberie⁷⁰. La transmission aéroportée est citée parmi les raisons pour lesquelles la maladie a persisté à des niveaux beaucoup plus élevés dans les districts qui mettaient en doute le bien-fondé des mesures de santé publique et où les INP étaient moins rigoureuses. Par contraste, la COVID-19 a été éliminée avec plus de succès dans les administrations où des mesures de santé publique rigoureuses avaient été mises en place, en particulier en exigeant et même en fournissant des masques de grande qualité^{71,72,73,74,75,76}.

La modélisation de l'estimation des risques de la transmission à l'intérieur, y compris des variants (annexe 2 – section 7), souligne l'importance encore plus grande du port adéquat des masques, de la ventilation, de l'occupation réduite et de la limitation du temps dans les espaces partagés pour contrer les variants.

6.4. Toutes les surfaces à proximité d'une personne infectée peuvent être contaminées

L'identification d'une personne potentiellement infectieuse au travail, à l'école ou ailleurs devrait déclencher la mise en quarantaine des contacts étroits, la recherche des contacts et l'isolement des cas, ainsi que la fermeture temporaire des zones ou de l'ensemble du bâtiment pour le nettoyage et la désinfection et laisser le temps à une ventilation complète de faire son œuvre.

L'hypothèse opérationnelle en cas de pandémie est qu'une source asymptomatique de virions est présente régulièrement, ce qui exige un nettoyage et une désinfection fréquents des surfaces souvent touchées (y compris les objets) et des toilettes.

La persistance du SRAS-CoV-2 varie de quelques minutes à quelques jours, selon les conditions environnementales. Dans des conditions expérimentales, le SRAS-CoV-2 a persisté en aérosols

fins pendant 3 heures d'observation et 72 heures sur le plastique et l'acier inoxydable, mais moins de 24 heures sur du carton et pendant 4 heures sur du cuivre²⁰³. Des études sur les espaces occupés par des personnes infectées ont révélé que le SRAS-CoV-2 persistait sur toutes les surfaces, y compris les événements d'aération⁴⁸; de plus, il a été observé qu'il restait actif pendant plus de 4 jours sur des surfaces lisses à l'intérieur et, dans le cas d'un échantillon, il est demeuré jusqu'à une semaine sur un masque²⁴⁵. Une enquête subséquente a confirmé que la détection de l'ARNm du SRAS-CoV-2 correspond à des particules infectieuses, la demi-vie sur des solides communs (acier inoxydable, verre, coton, vinyle et billets d'argent) variant de 1,7 à 2,7 jours à 20 °C, mais seulement de 1,5 à 3 heures à 40 °C.²⁴⁶

6.5. Évolution de la COVID-19

Les coronavirus mutent naturellement, ce qui peut altérer la transmission et l'évolution de la maladie. Les « variants préoccupants » se propagent plus largement et plus rapidement, causent des maladies plus graves, échappent à l'immunité préexistante et pourraient ne pas être détectées avec les tests actuels¹⁶⁷.

Dans le cadre d'une expérience en laboratoire, trois mutations spontanées du SRAS-CoV-2 ont entraîné un « échappement immunitaire » du sérum sanguin hautement neutralisant (puissant) de volontaires rétablis²⁴⁷. Des variants préoccupants qui sont plus contagieux et qui ont entraîné une augmentation rapide des infections, comme ceux identifiés pour la première fois au Royaume-Uni (alpha; auparavant B.1.1.7), en Afrique du Sud (bêta; auparavant B.351), au Brésil (gamma; auparavant P.1) et en Inde (delta; auparavant B.1.617.2) ainsi que des « variants d'intérêt ^{5,248} », se répandent à l'échelle mondiale, y compris au Canada. Les premières corrélations²⁴⁹ et des données corroborantes indiquent que certains variants peuvent aussi causer des maladies plus graves avec une mortalité plus élevée chez les jeunes ^{1,2}, et infecter les personnes qui se sont déjà rétablies de la COVID-19³.

La troisième vague du Canada et l'adaptation continue à la COVID-19 ont été associées à des augmentations des variants (en particulier le variant alpha). La surveillance des eaux usées au Canada peut fournir un avertissement précoce des augmentations subites de la COVID-19 dans les collectivités¹⁷⁴, y compris de la présence des variants préoccupants, et elle est signalée comme un outil supplémentaire par un nombre croissant d'autorités de la santé publique, au Canada et à l'échelle internationale ^{221,176}. Au moment de la rédaction, dans le contexte de l'immunisation croissante, les menaces posées par le variant delta et d'autres nouveaux variants préoccupants demeurent incertaines dans le contexte des niveaux élevés de vaccination.

Malheureusement, les variants évoluent pour devenir plus invisibles pour le système immunitaire. Les mutations réussies prédominantes dans les variants d'intérêt et préoccupantes ont des nombres plus faibles pour ce qui est du potentiel antigénique de sites sur la protéine de crête du virus. Ces sites sont reconnus par le système immunitaire et sont également ciblés par les vaccins, de sorte que cette évolution risque de réduire l'efficacité de l'immunité préexistante²⁵⁰.

Les résultats de la vaccination sont attendus avec impatience, mais des mises en garde s'imposent.

- L'incidence ou la durée de la contagion asymptomatique étant inconnue face aux nouveaux variants préoccupants²⁵⁰, *les personnes vaccinées doivent continuer de suivre les directives de santé publique;*

- Tout indique que les vaccins disponibles seront au moins partiellement efficaces contre de nombreux nouveaux variants ^{79,80}, mais avec les mutations continues et la pression évolutive pendant le déploiement du vaccin, on ne sait pas trop comment l'efficacité évoluera.
- L'objectif d'atteindre l'immunité de la population (ou « collective ») est compromis par la distribution inégale des vaccins à l'échelle mondiale, et les variants qui peuvent causer la réinfection ^{251,252}.
- Il reste à voir le succès des plateformes de vaccins avancées qui sont en cours d'ajustement pour tenir compte des variants⁸¹.

6.6. Une seule santé

Le développement de la pandémie de COVID-19 et les réponses connexes mettent en évidence de nombreux problèmes de santé et d'environnement. Les problèmes de santé comprennent la vulnérabilité des populations âgées et des personnes touchées par la pollution et les modes de vie modernes. Ceux-ci chevauchent les risques environnementaux découlant de l'empiètement sur les aires naturelles, des changements climatiques, de la pollution et de la résistance aux antimicrobiens. Les réponses à la pandémie entraînent d'autres conséquences pandémie, comme les conséquences sanitaires, sociales et économiques des confinements, l'interruption de l'approvisionnement en nourriture et en biens, la distraction d'autres activités (p. ex. le report des activités de dépistage et de traitement du cancer) et une pandémie de désinformation, de faux renseignements et d'agitation en ligne. L'interruption des études et de l'entrée sur le marché du travail auront des répercussions à long terme sur les jeunes. Les conséquences sur l'environnement comprennent les déchets, les initiatives de recyclage et la réduction de la protection de l'environnement pour les systèmes naturels essentiels et l'habitat faunique.

Jusqu'à ce qu'une vaccination sécuritaire et efficace soit largement réalisée et permette de s'adapter aux nouveaux variants, et que les mesures de santé publique et environnementale et les mesures sociales améliorent la résilience du Canada, le meilleur espoir de retour à des interactions en personne sûres repose sur l'adhésion à une planification et à des mesures claires et calmes, sur la base des conseils d'autorités médicales, scientifiques et techniques compétentes et chevronnées. Les Canadiens doivent continuer d'utiliser de multiples pratiques de prévention personnelle dans le cadre d'une approche à plusieurs niveaux pour se protéger et protéger les autres, quel que soit l'état de vaccination individuel. La mesure la plus simple, efficace et facile à mettre en œuvre consiste à porter des masques efficaces, de façon appropriée et partout où cela s'impose. Étant donné que la COVID-19 vient s'ajouter à d'autres infections respiratoires endémiques, les investissements et les modifications éventuelles du Code du bâtiment pour améliorer la performance environnementale et concilier les améliorations de la ventilation et de l'efficacité énergétique pourraient avoir de nombreux avantages à long terme.

7. Annexe 2 : Modélisation de la COVID-19 et avantages cumulatifs des mesures visant à traiter la transmission aéroportée

annexe sur la réouverture des bâtiments dans le contexte de la COVID-19, première mise à jour

Meg Sears, Liangzhu (Leon) Wang, Ali Katal
pour le Comité canadien sur la qualité de l'air

7.1. Introduction

Les virus du SRAS-CoV-2 mutés, en particulier les variants plus contagieux qui peuvent aussi causer des maladies plus graves chez les jeunes et qui peuvent être plus résistants à l'immunité naturelle (appelées variants préoccupants)^{1,253,254}, provoquent des augmentations subites des cas de COVID-19 dans le monde. Au fur et à mesure que la vaccination se poursuit, des vaccins de rappel pour mieux se protéger contre les variants sont développés, et le SARS-CoV-2 mute pour échapper à la réponse immunitaire²⁵⁰. Il reste essentiel d'améliorer l'exécution de chaque intervention non pharmaceutique (INP) qui offre une couche de protection, particulièrement contre la contagion aérienne^{15,88,230}. La modélisation de l'estimation des risques peut être utilisée pour comprendre la portée et l'échelle des améliorations nécessaires.

Le risque de contracter la COVID-19 est réduit par la distanciation physique, le port adéquat de masques bien conçus et bien ajustés efficaces (c.-à-d. « efficaces »), l'augmentation de la ventilation/l'apport d'air pur à l'intérieur et la réduction du temps de présence et du nombre de personnes dans un environnement potentiellement infectieux (réduisant ainsi au minimum les interactions). Le lavage des mains et des surfaces peut interrompre la transmission par les doigts aux yeux, au nez et à la bouche, bien que la transmission par les surfaces soit considérée comme rare²⁵⁵.

La modélisation de l'estimation des risques peut illustrer comment les risques d'infection varient en fonction de l'utilisation et de la qualité des masques, de l'approvisionnement en air exempt de virions grâce à la ventilation et l'épuration de l'air, et du nombre de personnes et du temps passé ensemble à l'intérieur (occupation). L'échelle des améliorations nécessaires pour un variant plus contagieux comparativement à la version précédente du SRAS-CoV-2 est illustrée en comparant les scénarios décrits ci-dessous. La modélisation complète se trouve dans un fichier Excel, accessible sur le site Web de la CCQAIB. Elle peut facilement être appliquée à d'autres scénarios, bien que les tendances devraient être semblables.

Cet exemple de modélisation est fondé sur un scénario de référence d'une salle de classe mal ventilée, signalé pour la première fois dans une étude sur la ventilation dans les écoles de Montréal¹⁶⁵. Au début, la pièce ne contient aucun virion, comme une salle de classe ou un bureau, puis des particules infectieuses s'accumulent dans l'air à mesure qu'elles sont rejetées par une ou plusieurs personnes infectieuses. Certaines de ces particules se déposent sur les surfaces de la pièce, tandis qu'un grand nombre d'entre elles restent dans l'air et sont évacuées par la ventilation, capturées par des masques ou échappent à la capture et sont inhalées par les occupants. Il est à prévoir que les personnes vulnérables, qui ne sont pas immunisées, soient infectées si la dose inhalée dépasse les niveaux infectieux. Cette modélisation des risques de contracter la COVID-19 dans les espaces intérieurs suppose que l'air intérieur est bien mélangé^{41,42,109}, de sorte qu'elle ne

tient pas compte des schémas de débit d'air détaillés idiosyncrasiques, comme nous l'avons vu à la section 3.

La dose infectieuse de SRAS-CoV-2 est inconnue, mais le « quanta » représente la charge infectieuse émise par une personne infectée, selon les activités⁴⁰. Un modèle classique (Wells-Riley) a été appliqué au risque de contracter la COVID-19 à partir des particules en suspension dans l'air⁴¹. Cette modélisation a été étalonnée par Jimenez et coll. à l'aide de données provenant d'épisodes de propagation antérieurs^{41,42}. Elle a ensuite été appliquée avec succès à des estimations de la transmission SRAS-CoV-2 dans des environnements bâtis⁴³ et des véhicules de transport en commun⁴⁴, et peaufinée dans le contexte des variants dans plusieurs scénarios supplémentaires⁴⁵.

Le « taux de reproduction » ou R_0 (appelé R naught) est le nombre moyen de personnes infectées par une personne infectieuse. Lorsqu'une personne, en moyenne, infecte une personne de plus, l'épidémie ou la pandémie se perpétue avec le même nombre de cas, et la valeur du R_0 est égale à un. Plus la valeur du R_0 est inférieure à 1, plus l'épidémie se résorbe rapidement, tandis que plus la valeur du R_0 est supérieure à 1, plus le virus se propage rapidement.

Les variants plus récents, plus contagieux, diffèrent des variants plus anciens, à cause de ce que l'on pense être une liaison plus forte avec les récepteurs cellulaires et à une infection efficace des cellules²⁵⁶, ce qui peut entraîner une production et une excrétion de virions plus importantes depuis les voies respiratoires supérieures, et des maladies plus graves. Le résultat est que les variants ont été signalés comme étant 1,7 fois (ou plus) plus infectieux que le SRAS-CoV-2 d'origine²⁵⁷, et peuvent causer des maladies plus graves²⁵⁸, peut-être plus rapidement².

La valeur quanta établit un lien entre l'infectiosité des particules virulentes en suspension dans l'air et le développement de maladies. Dans cette application, le taux équivalent de génération de quanta pour un variant qui entraîne une infectiosité 1,7 fois supérieure a été calculé rétrospectivement. La valeur du R_0 pour les deux variants a été estimée pour une gamme d'efficacités des masques, de taux de ventilation/d'apport en air pur, ainsi que de nombres d'occupants et de fourchettes de temps passé dans la pièce.

7.2. Scénario de référence

La modélisation de l'estimation des risques compare le risque de contracter la COVID-19 dans une classe initialement mal ventilée de 19 occupants (un cas relevé dans une étude des écoles de Montréal¹⁶⁵), avec une ou plusieurs personnes infectieuses et d'autres personnes vulnérables à l'infection. Le modèle commence par une salle de classe propre et un mélange instantané de virions dans l'air, de sorte que l'exposition à des nuages de virions plus concentrés près d'une personne infectée augmenterait les risques au-delà de ceux modélisés.

Le volume modélisé de la salle de classe est de 236 mètres cubes (m^3), 100 % des occupants portant un masque. Les autres valeurs par défaut, sauf si elles sont modifiées dans une analyse, sont les suivantes :

- une ventilation de base de 0,3 renouvellement d'air à l'heure (RAH; mesurée à 1/h ou h^{-1}). Ce chiffre est inférieur à 1,4 RAH, ce qui serait conforme à la recommandation de l'American Society for Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), soit cinq litres par seconde par personne¹¹⁴. « Ventilation » désigne l'air extérieur frais plus l'air propre

efficace fourni par les dispositifs d'épuration d'air, et non le taux d'approvisionnement total qui peut comprendre l'air de retour;

- 7 heures d'occupation;
- Efficacité du masque de 50 % (80 % d'efficacité et même plus ont été signalés pour des masques en tissu bien ajustés et bien portés^{14,259});
- une seule personne infectieuse, les 18 autres étant vulnérables à l'infection.

7.3. Limitations

Cette modélisation de l'estimation des risques vise à illustrer comment les mesures de protection doivent être améliorées et respectées de façon uniforme, et à estimer l'ampleur des améliorations nécessaires aux mesures que sont le port du masque, la ventilation et la gestion de l'occupation, afin de réduire la transmission des variants SRAS-CoV-2 jusqu'à un niveau suffisant pour endiguer la pandémie (c.-à-d. maintenir le R_0 inférieure à 1,0).

La modélisation ne s'applique qu'à l'air mélangé en masse et ne tient pas compte des contacts rapprochés où les masques peuvent offrir la seule protection contre les panaches concentrés de virions.

La modélisation de l'estimation des risques se fonde sur le scénario de la personne « moyenne » et ne tient pas compte de la possibilité que certaines personnes perdent beaucoup plus de virions que d'autres ou que les personnes ne sont pas toutes également vulnérables à l'infection^{260,261}. La transmission hétérogène en situation réelle de vise, couplée à la variable de « dispersion » dans la modélisation épidémiologique, modélisent une « superpropagation » lorsqu'une proportion importante des cas résulte d'une minorité de personnes qui, sans le savoir, ont répandu la COVID-19 dans des lieux publics, généralement avant qu'elles en ressentent des symptômes.

La modélisation a été effectuée pour une classe d'école de taille et d'occupation particulières. Elle pourrait être reproduite, par exemple, pour des salles plus petites, comme dans des foyers de soins où les virions s'accumuleraient plus rapidement; des lieux de rassemblement, comme des refuges et des centres où les itinérants se réchauffent; des bureaux et des lieux de travail, y compris des espaces plus grands accueillant plus de visiteurs et des scénarios avec plusieurs personnes infectieuses. Les conclusions seront quelque peu différentes sur le plan numérique, mais le message sous-jacent demeurera le même, à savoir que les variants préoccupants exigent de prendre des mesures beaucoup plus rigoureuses pour lutter contre la contagion aérogène.

7.4. Efficacité du masque

Les masques sont les premières (en expirant) et les dernières (en inspirant) lignes de défense contre le SRAS-CoV-2. Les rapports d'efficacité des masques varient de 55 % pour les masques de procédures, à 90 % pour les masques en tissu/réutilisables avec des efforts pour améliorer l'ajustement, et à 95 % pour les masques N-95^{14,96,262}. Dans ce travail, par souci de simplicité, on a supposé que l'efficacité était égale pour l'inspiration et l'expiration (les masques peuvent être plus efficaces pour intercepter les gouttelettes expirées humides que les noyaux de gouttelettes séchées dans l'air ambiant).

La **figure 1** montre que pour le scénario de référence, une efficacité de masque de 50 % ne maintiendrait pas la valeur du R_0 inférieure à 1,0. Une efficacité de masque d'au moins 60 % avec le variant d'origine (point rouge dans la figure 1A) doit augmenter à au moins 70 % pour maintenir

la valeur du R_0 inférieure à 1,0 avec le variant (point rouge dans la figure 1B). Dans ce scénario, après 7 heures du port de masques efficaces à 50 %, presque deux fois plus de personnes seraient infectées par le variant que par le virus d'origine (points verts dans les figures 1A et 1B).

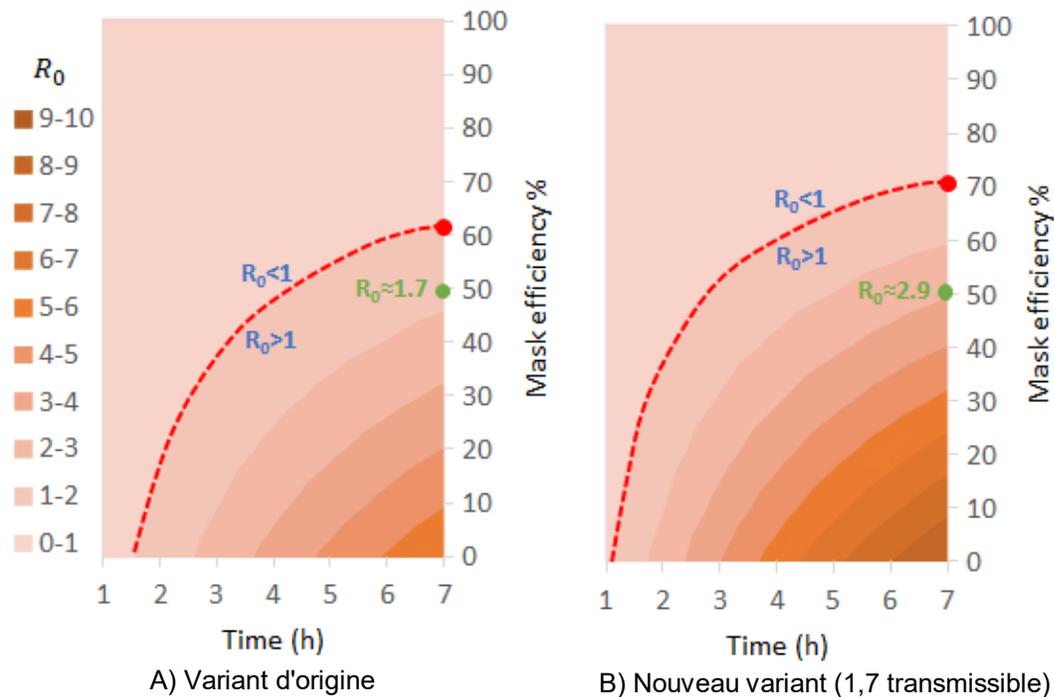


Figure 1. Taux de reproduction avec une seule personne infectieuse, selon l'efficacité du masque et le temps passé en classe. Les autres paramètres sont les suivants : 19 occupants (un infectieux); ventilation + air pur 0,3 RAH; durée d'exposition de 7 heures.

7.5. Taux de ventilation

La ventilation dilue l'air intérieur avec l'air extérieur et évacue les virions, ce qui prolonge le temps qui peut s'écouler avant qu'une personne vulnérable n'ait inhalé une dose infectieuse.

Selon le scénario de référence de la salle de classe avec un RAH de 0,3, pour maintenir une valeur de R_0 inférieure à 1,0, le temps d'occupation maximal serait inférieur à environ 4 heures (point rouge dans la figure 2A) avec le SRAS-CoV-2 d'origine et inférieur à 2,5 heures (point rouge dans la figure 2B) avec le variant.

En examinant une gamme de taux de ventilation, lorsqu'il y a une seule personne infectieuse et que tous les occupants portent un masque à 50 % d'efficacité, le taux de ventilation pour maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0 pour le nouveau variant est plus du double de celui pour le SARS-CoV-2 d'origine (points verts dans les figures 2A et 2B). Cette différence importante peut dépasser les capacités de CVC du bâtiment, particulièrement pendant les températures extrêmes.

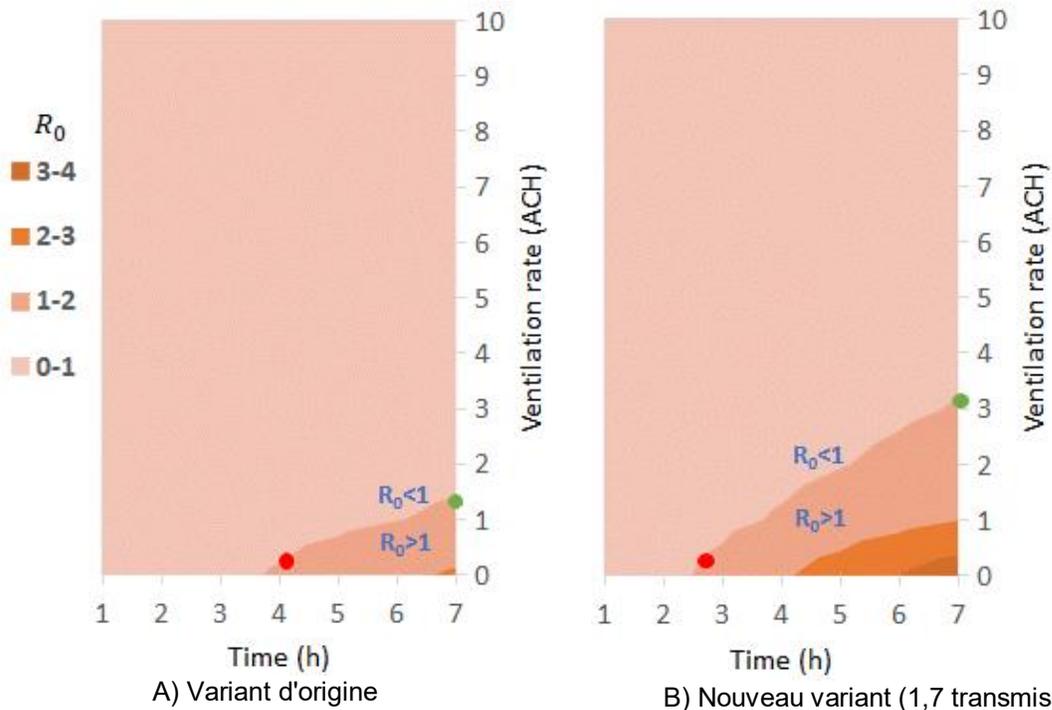


Figure 2. Taux de reproduction pour une seule personne infectieuse, selon le taux de ventilation mécanique et le temps passé en classe. Les autres paramètres sont les suivants : 19 occupants; masque d'une efficacité de 50 % pour l'inspiration et l'expiration; durée d'exposition de 7 heures

7.6. Nombre de personnes infectieuses

La présence d'un plus grand nombre de personnes infectieuses dans l'espace clos entraîne naturellement une transmission plus importante et la valeur du R_0 peut dépasser 1,0. La figure 3 illustre ce scénario dans une salle de classe mal ventilée, où tous les occupants portent un masque efficace à 50 %.

Avec le SRAS-CoV-2 d'origine, pour maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1, l'augmentation de 1 personne infectieuse à 4 réduit le temps d'occupation maximal d'environ 4,25 heures à 1,5 heure (points rouges dans la figure 3A). Pour le variant plus contagieux, le temps d'occupation maximal passerait d'environ 2,75 heures à un peu plus d'une heure (points rouges dans la figure 3B).

Un autre point de vue est qu'avec jusqu'à quatre personnes infectieuses présentes pendant toute la période d'occupation de 7 heures, la valeur du R_0 varie de 6 pour le virus d'origine à 9 pour le variant.

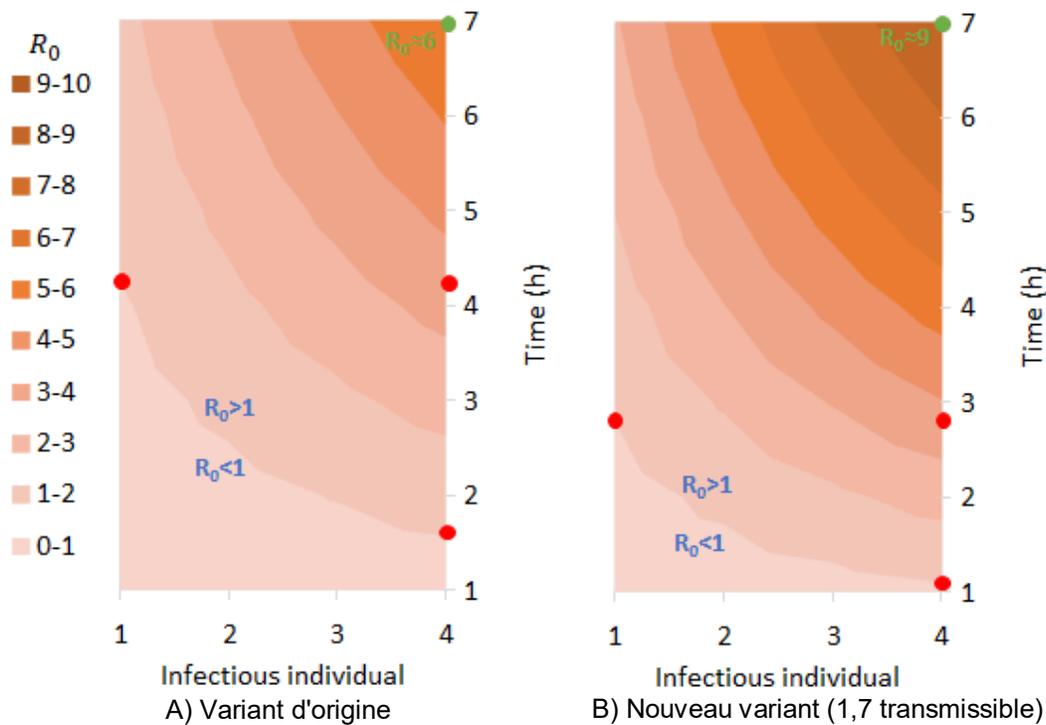


Figure 3. Taux de reproduction au fil du temps, selon le nombre de personnes infectieuses. Les autres paramètres sont les suivants : 19 occupants au total; ventilation + air pur à 0,3 RAH; masque d'une efficacité de 50 % pour l'inspiration et l'expiration.

7.7. Maintenir un faible taux de reproduction

La **figure 4** montre que pour maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0 dans ce contexte de salle de classe, des taux de ventilation plus élevés et un temps d'occupation et un nombre de personnes plus bas sont nécessaires dans le cas du variant le plus contagieux. Comme il s'agit de la forme de protection la plus immédiate, le port universel et adéquat de masques efficaces peut atténuer ce risque.

La **figure 4A** montre qu'avec des masques inadéquats, les taux de ventilation permettant de maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0 pour le nouveau variant sont environ deux fois plus élevés que pour le SARSCoV2 d'origine (cercles rouges dans la figure 4A). Des masques plus efficaces réduisent la ventilation minimale requise. Dans ce scénario, le port universel de masques à plus de 70 % d'efficacité entraînerait une faible transmission. Cela est possible dans le cas des masques non médicaux¹⁴.

La **figure 4B** illustre comment des masques plus efficaces sont nécessaires pour des temps d'exposition plus longs afin de maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0. Par exemple, sur une durée d'exposition de 4 heures, des masques d'une efficacité de 47 % et de 60 %, respectivement, sont nécessaires pour les variants d'origine et les nouveaux variants (points rouges dans la figure 4B); une période de 6 heures en classe exigerait des masques d'une efficacité de 58 % et 68 %, respectivement (points bleus dans la figure 4B).

La **figure 4C** indique le nombre d'occupants portant un masque d'une efficacité donnée qui peuvent être présents sur une période de 7 heures tout en maintenant la valeur du R_0 inférieure à 1,0.

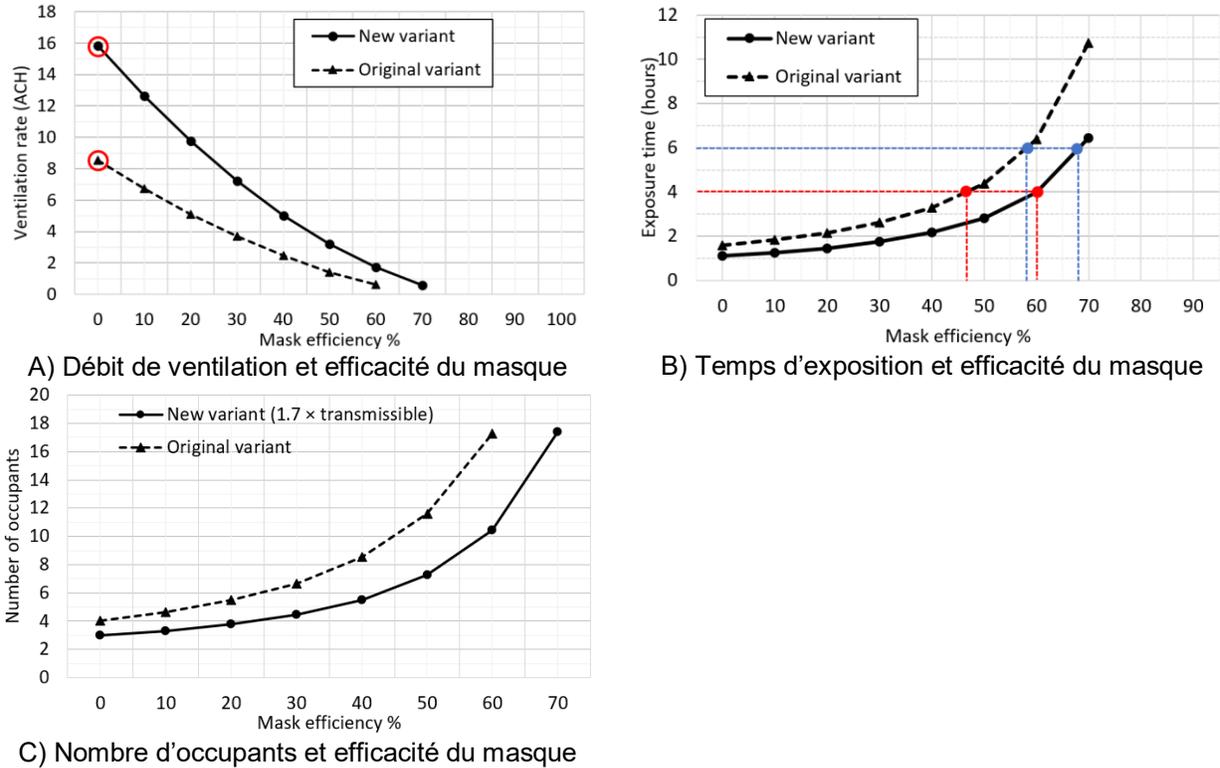


Figure 4. Le débit de ventilation, le temps d'exposition et le nombre d'occupants dans une salle de classe doivent maintenir la valeur du R_0 inférieure à 1,0, selon l'efficacité du masque. Les paramètres du scénario de référence (sauf indication contraire) sont 19 occupants (un infectieux); ventilation + air pur à 0,3 RAH; durée d'exposition de 7 heures.

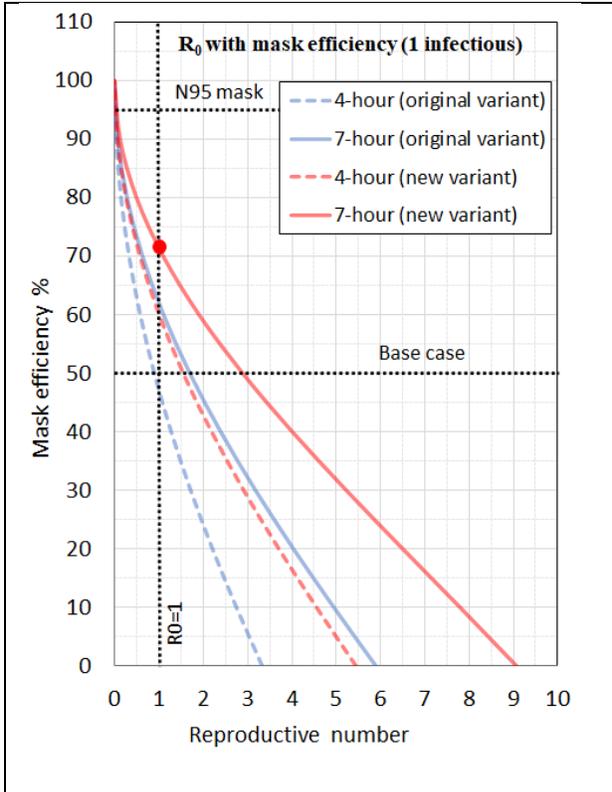
7.8. Effets du nombre de personnes infectieuses sur le taux de reproduction pour les interventions non pharmaceutiques (INP)

La **figure 5** illustre les effets des INP sur la valeur du R_0 , sur une période de 4 heures ou de 7 heures, lorsqu'une ou deux personnes sont infectées par le SRAS-CoV-2 d'origine ou plus contagieux.

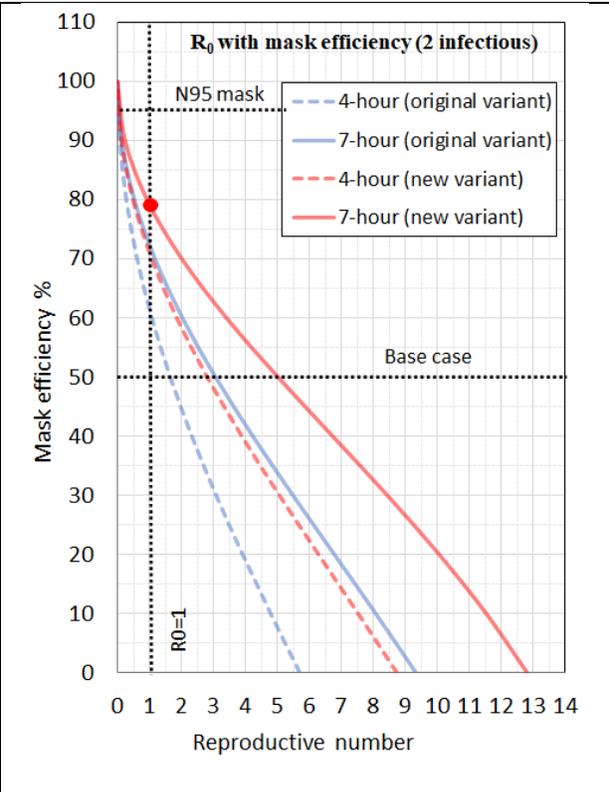
Figure 5A Les masques portés par tous les occupants doivent être efficaces à au moins 70 % (fig. 5A1) et 80 % (fig. 5A2) contre les virions lorsqu'un ou deux occupants sont infectieux, respectivement.

Figure 5B La ventilation et l'administration d'air pur devraient être augmentées à au moins 1,5 fois (avec 1 occupant infectieux) et à 3,5 fois (avec 2 occupants infectieux) ce qui est recommandé par l'ASHRAE pour une qualité de l'air acceptable (et non pour la lutte contre les infections).

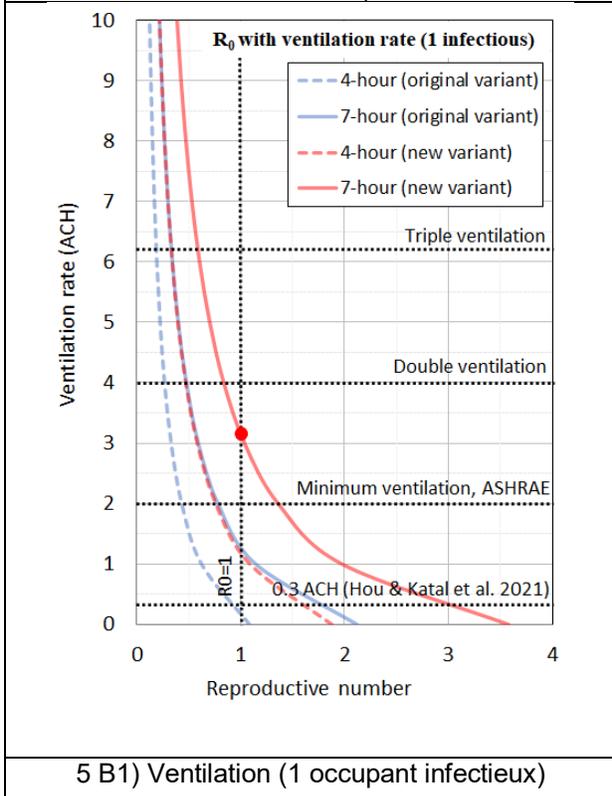
Le taux d'occupation de la figure 5C doit être réduit de 11 à 7 personnes lorsque 1 est infectieux (réduction de 35 %) et de 7 à 5 personnes (25 %) pendant les 7 heures complètes (plus de personnes peuvent être présentes sur une période plus courte). De plus, tous les efforts doivent être déployés pour isoler les personnes infectieuses, car les risques augmentent avec chaque personne supplémentaire qui excrète des virus.



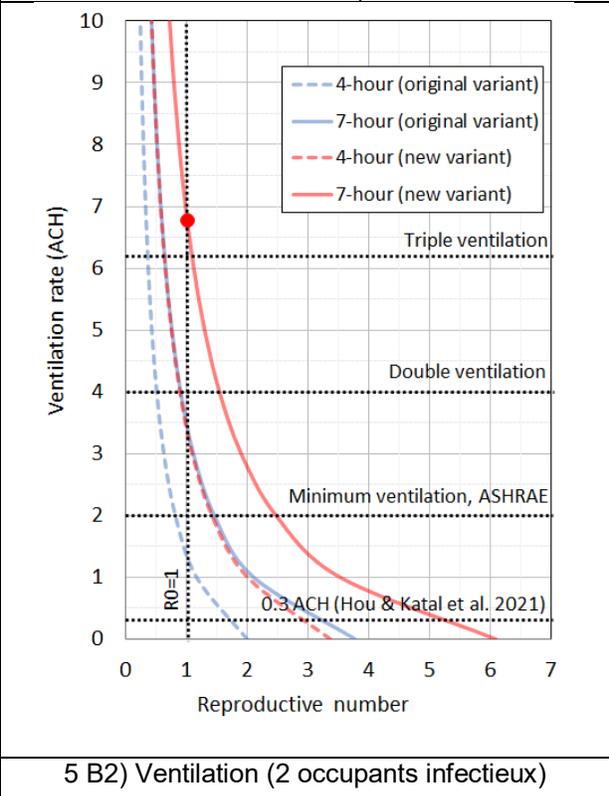
5 A1) Efficacité du masque (1 occupant infectieux)



5 A2) Efficacité du masque (2 occupants infectieux)



5 B1) Ventilation (1 occupant infectieux)



5 B2) Ventilation (2 occupants infectieux)

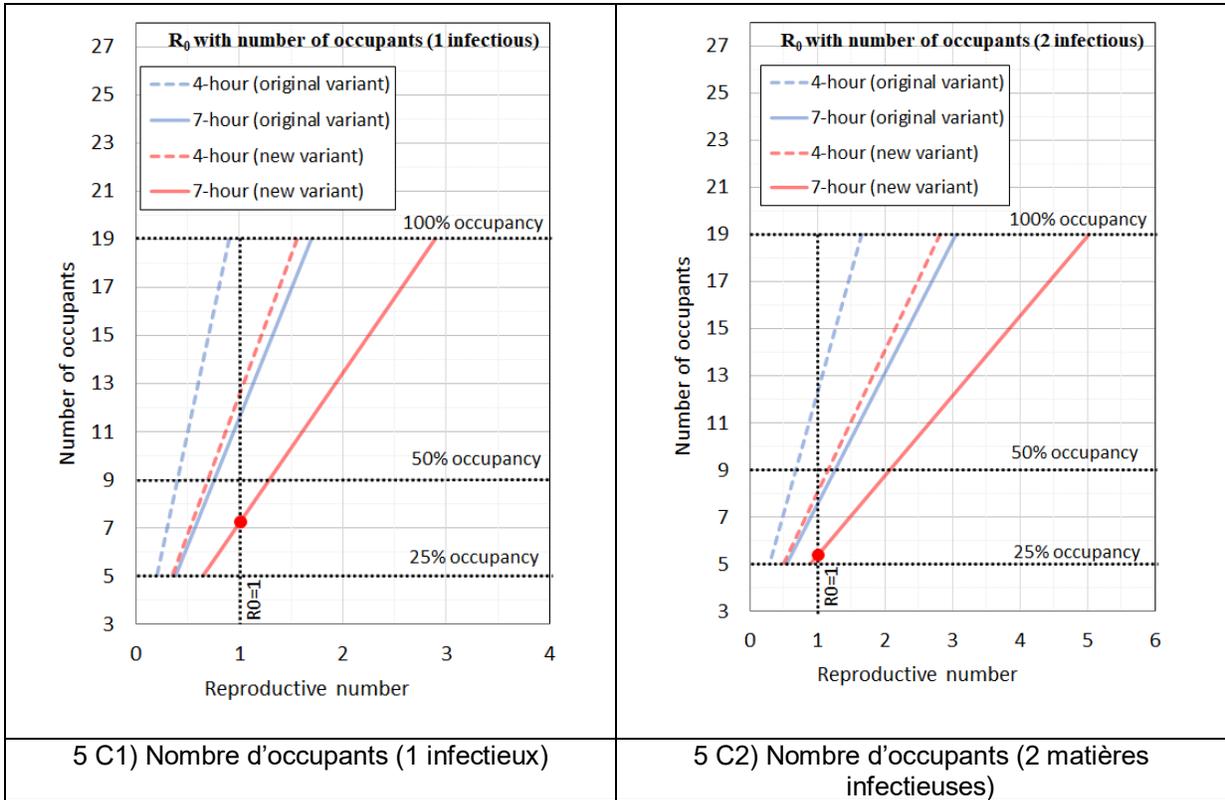


Figure 5. Variation de la valeur du R_0 avec l'efficacité du masque, la ventilation + le débit d'air pur, le nombre d'occupants et le nombre de personnes infectieuses, avec des temps d'occupation de 4 heures et de 7 heures. Les paramètres du scénario de référence (sauf indication contraire) sont les suivants : 19 occupants; ventilation + air pur à 0,3 RAH; efficacité du masque à 50 % pour l'inspiration et l'expiration.

7.9. Augmentation de la valeur du R_0 avec 1 à 4 occupants infectieux

La **figure 6** montre que lorsque le nombre de personnes infectieuses augmente de 1 à 4 dans la salle de classe à 0,3 RAH, la valeur du R_0 triple presque.

Sur 4 heures, la valeur du R_0 passe de 1 à 3 pour le SARS-CoV-2 d'origine et de 1,5 à 4,5 pour le variant.

Sur 7 heures, la valeur du R_0 augmente de moins de 2 à 6 pour le SARS-CoV-2 d'origine et de 3 à 9 pour le variant.

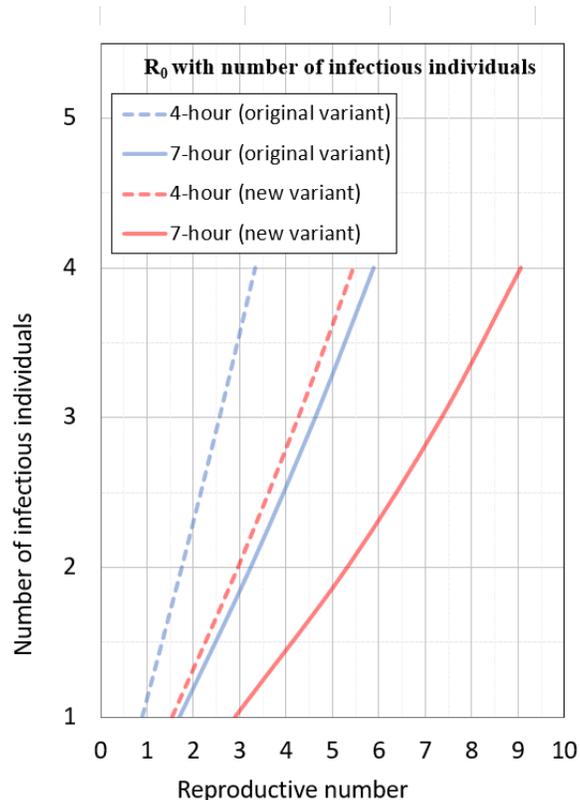


Figure 6. Variation de la valeur du R_0 selon le nombre de personnes infectieuses pour le scénario de référence : 19 occupants; ventilation + air pur à 0,3 RAH; efficacité du masque à 50 % pour l’inspiration et l’expiration.

7.10. Conclusion

L’échelle des améliorations nécessaires dans les interventions non pharmaceutiques (INP) pour réduire la transmission aéroportée d’un variant plus contagieux du SRAS-CoV-2 est illustrée à l’aide de la modélisation de l’estimation des risques que présentent des particules infectieuses d’aérosol dans de l’air bien mélangé. Toutes les INP peuvent être améliorées, y compris le port approprié de masques efficaces, l’augmentation de la qualité de l’air par la ventilation et l’épuration, et la réduction des taux d’occupation. Des résultats et des conclusions semblables ont récemment été rapportés en utilisant le même concept de modélisation⁴⁵, à savoir que les masques sont essentiels et que nous devons améliorer considérablement la ventilation pour les nouvelles variants, par rapport à ce qui était nécessaire pour les versions antérieures du SRAS-CoV-2.

Le port universel de masques d’une efficacité d’au moins 80 % est une mesure très efficace à la fois pour réduire la source des virions transmis par les personnes infectieuses et pour protéger celles qui pourraient être exposées.

L’amélioration de l’approvisionnement en air est une stratégie importante pour aider à contrer les variants plus contagieux. Comparativement au virus d’origine, un variant qui est 1,7 fois plus infectieux (p. ex. B.1.1.7) exige de presque doubler la ventilation et d’intégrer de l’air pur provenant de dispositifs d’épuration de l’air à haut rendement.

La réduction du nombre d’occupants dans la pièce est une stratégie efficace pour arrêter la

transmission du virus des personnes infectieuses aux personnes vulnérables. Le tableau 1 présente un résumé de l'efficacité des masques, des taux de ventilation et du pourcentage d'occupation requis pour prévenir la transmission du virus pour les variants d'origine et nouveaux. Les résultats sont fournis pour différents temps d'exposition et nombres d'occupants infectieux.

Tableau 1. Efficacité des masques, taux de ventilation et nombre d'occupants dans une salle de classe requis pour maintenir la valeur du $R_0 < 1$ (selon les résultats de la figure 5)

Paramètres	Durée d'exposition	Un occupant infectieux		Deux occupants infectieux	
		Variant original	Nouveau variant	Variant original	Nouveau variant
Efficacité du masque	4 heures	45 %	60 %	60 %	70 %
	7 heures	60 %	70 %	70 %	80 %
Ventilation	4 heures	0,3 RAH	1,2 RAH	1,3 RAH	3,5 RAH
	7 heures	1,2 RAH	3 RAH	3,5 RAH	6,8 RAH
Occupation	4 heures	100 %	70 %	60 %	40 %
	7 heures	60 %	35 %	40 %	25 %

Les virus subissent des mutations, et les variants mieux adaptés sont naturellement sélectionnés pour se lier plus étroitement aux récepteurs sur les cellules, pour se répliquer plus rapidement, pour être rejetées en plus grandes quantités et pour échapper à l'immunité naturelle et acquise par vaccin²⁶³. Par conséquent, les variants plus infectieux continueront probablement devenir prédominants jusqu'à ce que la contagion soit arrêtée, car chaque personne qui incube le SRAS-CoV-2 offre au virus la possibilité de muter davantage. L'« échappement immunitaire » affaiblit l'efficacité des vaccins et entraîne des réinfections, ce qui accroît l'urgence d'enrayer la pandémie le plus rapidement possible et souligne le besoin de recourir à des INP qui ne reposent pas sur une réponse biologique. La recherche publiée récemment élargit cette méthodologie et généralise les résultats en utilisant un « temps d'exposition cumulatif » pour les occupants comme ligne directrice pour l'occupation des espaces intérieurs. Ce travail met également l'accent sur la réduction spectaculaire de la transmission avec les masques faciaux⁴⁵.

De multiples mesures de protection visant à réduire au minimum la transmission et l'exposition par voie aérienne, ainsi que le lavage et l'hygiène des mains, ont une efficacité naturelle si elles sont exécutées de façon assidue. En plus du port consciencieux et approprié de masques très efficaces et de la réduction des interactions avec les personnes à l'extérieur de votre ménage, l'amélioration de la QAI et des opérations de l'immeuble pour réduire la transmission de la COVID-19 devrait être une grande priorité. Ces mesures facilement mises en œuvre ont une efficacité naturelle si elles sont bien exécutées. De plus, les investissements dans l'amélioration de la qualité de l'air intérieur offrent des avantages durables pour la santé et la productivité au-delà de la préparation et de l'intervention en cas de pandémie¹¹⁷, et la mise en œuvre est facile à comprendre.

La recherche et les rénovations, y compris l'amélioration de nouvelles conceptions progressives comme la ventilation par déplacement (qui ne serait pas modélisée comme ci-dessus), sont également des occasions d'améliorer l'efficacité énergétique et d'utiliser des systèmes de ventilation et d'épuration d'air pour éliminer les contaminants de l'air extérieur, comme la fumée des feux de forêt. Il s'agit d'une tâche essentielle pour faire face à une autre crise clé de notre époque : les changements climatiques.

8. Références

1. New and Emerging Respiratory Virus Threats Advisory Group (NERVTAG). NERVTAG note on B.1.1.7 severity. Public Health England; 2021. Accessible à : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/955239/NERVTAG_paper_on_variant_of_concern__VOC__B.1.1.7.pdf
2. Davies NG, Jarvis CI, Edmunds WJ, Jewell NP, Diaz-Ordaz K, Keogh RH. Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7 in England. *Nature*. 15 mars 2021;1–5. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/s41586-021-03426-1>
3. Zimmer K. A Guide to Emerging SARS-CoV-2 Variants. *The Scientist Magazine*® 2021 [cité le 7 février 2021]. Accessible à : <https://www.the-scientist.com/news-opinion/a-guide-to-emerging-sars-cov-2-variants-68387>
4. Bernal JL, Andrews N, Gower C, Gallagher E, Simmons R, Thelwall S, et al. Effectiveness of COVID-19 vaccines against the B.1.617.2 variant. *medRxiv*. 24 mai 2021 [cité le 28 mai 2021]; 2021.05.22.21257658. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.05.22.21257658v1>
5. Organisation mondiale de la santé (OMS). Tracking SARS-CoV-2 variants. 2021 [cité le 4 juin 2021]. Accessible à : <https://www.who.int/fr/activities/tracking-SARS-CoV-2-variants/tracking-SARS-CoV-2-variants>
6. Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *PNAS*. 13 mai 2020 [cité le 19 mai 2020]; accessible à : <https://www.pnas.org/content/early/2020/05/12/2006874117>
7. Noorimotlagh Z, Jaafarzadeh N, Martínez SS, Mirzaee SA. A systematic review of possible airborne transmission of the COVID-19 virus (SARS-CoV-2) in the indoor air environment. *Environmental Research*. 1^{er} févr. 2021 [cité le 1^{er} févr. 2021]; 9(2):53. Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935120315097>
8. Greenhalgh T, Jimenez JL, Prather KA, Tufekci Z, Fisman D, Schooley R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *The Lancet*. 15 avril 2021 [cité le 18 avril 2021]; 0(0). Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)00869-2/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00869-2/abstract)
9. Rasmussen AL, Popescu SV. SARS-CoV-2 transmission without symptoms. *Science*. 19 mars 2021 [cité le 8 avril 2021];371(6535):1206-7. Accessible à : <https://science.sciencemag.org/content/371/6535/1206>
10. Zhang J. Integrating IAQ control strategies to reduce the risk of asymptomatic SARS CoV-2 infections in classrooms and open plan offices. *Science and Technology for the Built Environment*. 13 sept. 2020 [cité le 4 août 2020]; 26(8):1013–8. Accessible à : <https://doi.org/10.1080/23744731.2020.1794499>
11. Agence de la santé publique du Canada (ASPC). COVID-19 : Guide de ventilation des espaces intérieurs pendant la pandémie 2021 [cité le 10 avril 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau->

coronavirus/document-orientation/guide-ventilation-espaces-interieurs-pandemie-covid-19.html

12. Burton A. Does the Smoke Ever Really Clear? Thirdhand Smoke Exposure Raises New Concerns. *Environ Health Perspect*. Févr. 2011 [cité le 9 juillet 2020]; 119(2):A70–4. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3040625/>
13. Agence de la santé publique du Canada. Masques non médicaux : À propos 2020 [cité le 23 mars 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/prevention-risques/a-propos-masques-couvre-visage-non-medicaux.html>
14. Salter S. Reinventing Cloth Masks in the Face of Pandemics. *Risk Analysis*. [cité le 25 février 2021]; accessible à : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/risa.13602>
15. Evans M. Avoiding COVID-19: Aerosol Guidelines. medRxiv. 5 juin 2020 [cité le 22 juin 2020]; 2020.05.21.20108894. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.05.21.20108894v3>
16. Bhagat RK, Linden PF. Displacement ventilation: a viable ventilation strategy for makeshift hospitals and public buildings to contain COVID-19 and other airborne diseases. *Royal Society Open Science*. [cité le 12 avril 2021];7(9):200680. Accessible à : <http://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.200680>
17. Kasloff SB, Krishnan J, Cutts T. Efficacy of Liquid Decontamination Agents Against SARS-CoV-2. En 2021. 1. Accessible à : https://video.isilive.ca/hcsc/2021-01/english/abstracts/028/HCSF20214eP_028_Samantha_Kasloff_abstract.pdf
18. Jing JLJ, Pei Yi T, Bose RJC, McCarthy JR, Tharmalingam N, Madheswaran T. Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulations. *Int J Environ Res Public Health*. Mai 2020 [cité le 27 juin 2020]; 17(9). Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7246736/>
19. Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments (CCQAIB). Aborder la question de la sensibilité aux produits chimiques Canada : Forum QAI; 2019 [cité le 24 octobre 2019]. Report No. : Module 13. Accessible à : <https://iaqresource.ca/wp-content/uploads/2020/09/CCIAQB-Module13-Eng.pdf>
20. Santé Canada. Guide intérimaire sur la production d'éthanol pour utilisation dans les désinfectants pour les mains à base d'alcool : Utilisation de dénaturants et d'autres ingrédients non médicaux 2020 [cité le 15 mars 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/desinfectants/covid-19/guide-interimaire-ethanol-desinfectants-mains/utilisation-denaturants-autres-ingredients-non-medicaux.html>
21. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) Avis d'intention NOI2021-01 : Arrêté d'urgence pour réglementer certains dispositifs à rayonnement ultraviolet et ozoniseurs au titre de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. 2021 [cité le 12 mai 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/pesticides-lutte-antiparasitaire/decisions-mises-jour/avis-intention/2021/arrete-urgence-dispositifs-rayonnement-ultraviolet-ozoniseurs.html>

22. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) Note explicative : Arrêté d'urgence concernant les dispositifs à rayonnement ultraviolet et générateurs d'ozone. 2021 [cité le 16 juin 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/covid19-industrie/desinfectants-nettoyants-savons/dispositifs-rayonnement-ultraviolet-generateurs-ozone/arrete-urgence/note-explicative.html>
23. Santé Canada, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA). Pesticide Label Search. [consulté le 27 février 2018]. Accessible à : https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lr-re/lbl_detail-fra.php
24. Healthy Building Network, Green Science Policy Institute, Perkins&Will, International Living Future Institute, Health Product Declaration Collaborative. Joint Statement on Antimicrobials in Building Products. 2021 [cité le 1^{er} avril 2021]. Accessible à : <http://www.mindfulmaterials.com/antimicrobials-letter>
25. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) Questions et réponses : Avis d'intention d'élaborer un arrêté d'urgence pour réglementer certains dispositifs à rayonnement ultraviolet et ozoniseurs au titre de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. 2021 [cité le 16 juin 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/pesticides-lutte-antiparasitaire/decisions-mises-jour/avis-intention/2021/questions-reponses-arrete-urgence-dispositifs-rayonnement-ultraviolet-ozoniseurs.html>
26. Layne SP, Hyman JM, Morens DM, Taubenberger JK. New coronavirus outbreak: Framing questions for pandemic prevention. *Science Translational Medicine*. 11 mars 2020 [cité le 18 avril 2020];12(534). Accessible à : <https://stm.sciencemag.org/content/12/534/eabb1469>
27. Hu Y, Riley LW. Dissemination and co-circulation of SARS-CoV2 subclades exhibiting enhanced transmission associated with increased mortality in Western Europe and the United States. *medRxiv*. 15 juillet 2020 [cité le 20 juillet 2020]; 2020.07.13.20152959. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.07.13.20152959v1>
28. Rochman ND, Wolf YI, Faure G, Mutz P, Zhang F, Koonin EV. Ongoing Global and Regional Adaptive Evolution of SARS-CoV-2. *bioRxiv*. 2 mars 2021 [cité le 7 mars 2021];2020.10.12.336644. Accessible à : <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.10.12.336644v3>
29. Xiao J, Shiu EYC, Gao H, Wong JY, Fong MW, Ryu S, et al. Nonpharmaceutical Measures for Pandemic Influenza in Nonhealthcare Settings—Personal Protective and Environmental Measures - Volume 26, Number 5—May 2020 - *Emerging Infectious Diseases journal - CDC*. [cité le 24 juillet 2020]; accessible à : https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/5/19-0994_article
30. Leffler CT, Ing EB, Lykins JD, Hogan MC, McKeown CA, Grzybowski A. Association of country-wide coronavirus mortality with demographics, testing, lockdowns, and public wearing of masks. *Mis à jour le 2 juillet 2020. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 26 oct. 2020 [cité le 26 juill. 2020]; 103(6):2400-11. Accessible à : <https://www.ajtmh.org/view/journals/tpmd/103/6/article-p2400.xml>

31. Organisation mondiale de la santé (OMS). Point de presse sur la COVID-19. 2020 [cité le 31 déc. 2020]. Accessible à : https://www.youtube.com/watch?v=hlcc_hWeOc8
32. Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (CEPCM). Rapid Risk Assessment: Risk of spread of new SARS-CoV-2 variants of concern in the EU/EEA - first update. 21 janvier 2021; 29. Accessible à : <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-risk-related-to-spread-of-new-SARS-CoV-2-variants-EU-EEA-first-update.pdf>
33. Potvin L. Is the end of the pandemic really in sight? *Can J Public Health*. 1^{er} février 2021 [cité le 3 février 2021]; 112(1):1–3. Accessible à : <https://doi.org/10.17269/s41997-020-00465-5>
34. BC Centre for Disease Control. COVID-19 Variants. 2021 [cité le 7 avril 2021]. Accessible à : <http://www.bccdc.ca/health-info/diseases-conditions/covid-19/about-covid-19/variants>
35. Addleman S, Leung V, Asadi L, Sharkawy A, McDonald J. Mitigating airborne transmission of SARS-CoV-2. *CMAJ*. 1^{er} janv. 2021 [cité le 16 juin 2021]; accessible à : <https://www.cmaj.ca/content/early/2021/06/08/cmaj.210830>
36. Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE) The Basics of SARS-CoV-2 Transmission. 2021 mars. Accessible à : <https://ncceh.ca/documents/evidence-review/basics-sars-cov-2-transmission>
37. Xie C, Zhao H, Li K, Zhang Z, Lu X, Peng H, et al. The evidence of indirect transmission of SARS-CoV-2 reported in Guangzhou, China. *BMC Public Health*. 5 août 2020 [cité le 23 août 2020]; 20(1):1202. Accessible à : <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09296-y>
38. Wiersinga WJ, Rhodes A, Cheng AC, Peacock SJ, Prescott HC. Pathophysiology, Transmission, Diagnosis, and Treatment of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Review. *JAMA*. 10 juil. 2020 [cité le 18 juillet 2020]; accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2768391>
39. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera V, Morwitzer MJ, Creager H, Santarpia GW, et al. Aerosol and Surface Transmission Potential of SARS-CoV-2. *Scientific Reports*. 29 juillet 2020; 10(1):12732. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/s41598-020-69286-3>
40. Buonanno G, Stabile L, Morawska L. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environment International*. 1^{er} août 2020 [cité le 1^{er} juin 2021]; 141:105794. Accessible à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020312800>
41. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluysen PM, Boerstra A, Buonanno G, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International*. 1^{er} sept. 2020 [cité le 24 juin 2020]; 142:105832. Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020317876>
42. Jimenez J. 2020_COVID-19_Aerosol_Transmission_Estimator - Google Sheets. Dept. of Chem. and CIRES, Univ. of Colorado-Boulder. 2021 [cité le 4 février 2021]. Accessible à : <https://docs.google.com/spreadsheets/d/16K1OQkLD4BjgBdO8ePj6ytf-RpPMIJ6aXFg3PrIQBbQ/edit#gid=519189277>

43. Lelieveld J, Helleis F, Borrmann S, Cheng Y, Drewnick F, Haug G, et al. Model Calculations of Aerosol Transmission and Infection Risk of COVID-19 in Indoor Environments. *Int J Environ Res Public Health*. Nov. 2020 [cité le 16 nov. 2020];17(21). Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7662582/>
44. Chen L, Ban G, Long E, Kalonji G, Cheng Z, Zhang L, et al. Estimation of the SARS-CoV-2 transmission probability in confined traffic space and evaluation of the mitigation strategies. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2 avril 2021 [cité le 18 avril 2021]; 1–13. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8016655/>
45. Bazant MZ, Bush JWM. A guideline to limit indoor airborne transmission of COVID-19. *PNAS*. 27 avril 2021 [cité le 27 avril 2021]; 118(17). Accessible à : <https://www.pnas.org/content/118/17/e2018995118>
46. Yezli S, Otter JA. Minimum Infective Dose of the Major Human Respiratory and Enteric Viruses Transmitted Through Food and the Environment. *Food Environ Virol*. 2011 [cité le 22 juin 2020];3(1):1-30. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7090536/>
47. Wilder-Smith A, Chiew CJ, Lee VJ. Can we contain the COVID-19 outbreak with the same measures as for SARS? *The Lancet Infectious Diseases*. 1^{er} mai 2020 [cité le 15 mai 2020];20(5):E102–7. Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473309920301298>
48. Wei L, Lin J, Duan X, Huang W, Lu X, Zhou J, et al. Asymptomatic COVID-19 Patients Can Contaminate Their Surroundings: an Environment Sampling Study. *mSphere*. 24 juin 2020 [cité le 24 juin 2020]; 5(3). Accessible à : <https://msphere.asm.org/content/5/3/e00442-20>
49. Santé publique Ontario. Source probable d'infection. COVID-19 (coronavirus) en Ontario. [cité le 23 mars 2021]. Accessible à : <https://covid-19.ontario.ca/fr/data/source-probable-dinfection>
50. Tindale LC, Stockdale JE, Coombe M, Garlock ES, Lau WYV, Saraswat M, et al. Evidence for transmission of COVID-19 prior to symptom onset. Franco E, Lipsitch M, Lipsitch M, Miller J, Pitzer VE, editors. *eLife*. 22 juin 2020 [cité le 31 juillet 2020]; 9:e57149. Accessible à : <https://doi.org/10.7554/eLife.57149>
51. Oran DP, Topol EJ. Prevalence of Asymptomatic SARS-CoV-2 Infection. *Annals of Internal Medicine*. 3 juin 2020 [cité le 4 juin 2020]; accessible à : <https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M20-3012>
52. Ma J, Qi X, Chen H, Li X, Zhang Z, Wang H, et coll. Coronavirus Disease 2019 Patients in Earlier Stages Exhaled Millions of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Per Hour. *Clin Infect Dis*. 18 mai 2021 [cité le 22 juin 2021]; 72(10):e652–4. Accessible à : <http://academic.oup.com/cid/article/72/10/e652/5898624>
53. Jones TC, Mühlemann B, Veith T, Biele G, Zuchowski M, Hoffmann J, et al. Estimating infectiousness throughout SARS-CoV-2 infection course. *Science*. 25 mai 2021; accessible à : <https://science.sciencemag.org/content/early/2021/05/24/science.abi5273>

54. Heald-Sargent T, Muller WJ, Zheng X, Rippe J, Patel AB, Kociolek LK. Age-Related Differences in Nasopharyngeal Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Levels in Patients With Mild to Moderate Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA Pediatr.* 30 juillet 2020 [cité le 31 juillet 2020]; accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/2768952>
55. Madera S, Crawford E, Langelier C, Tran NK, Thornborrow E, Miller S, et coll. Nasopharyngeal SARS-CoV-2 viral loads in young children do not differ significantly from those in older children and adults. *Scientific Reports.* 4 févr. 2021 [cité le 24 mars 2021]; 11(1):3044. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/s41598-021-81934-w>
56. CBC News. Asymptomatic testing confirms 19 new COVID-19 cases at Thorncliffe Park Public School. CBC. 2020 [cité le 3 janv. 2021]. Accessible à : <https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/thorncliffe-park-public-school-covid-19-testing-1.5821673>
57. Vogel L. Have we misjudged the role of children in spreading COVID-19? *CMAJ.* 21 septembre 2020 [cité le 16 novembre 2020]; 192(38):E1102–3. Accessible à : <https://www.cmaj.ca/content/192/38/E1102>
58. Ontario Science Table. The Role of Children in SARS-CoV-2 Transmission. Ontario COVID-19 Science Advisory Table; août 2020 [cité le 31 mars 2021]. Accessible à : <https://covid19-sciencetable.ca/sciencebrief/the-role-of-children-in-sars-cov-2-transmission/>
59. Tuite A, Fisman D, Odutayo A, Bobos P, Allen V, Bogosh A, et al. COVID-19 Hospitalizations, ICU Admissions and Deaths Associated with the New Variants of Concern. Ontario COVID-19 Science Advisory Table; [cité le 30 mars 2021]. Accessible à : <https://covid19-sciencetable.ca/sciencebrief/covid-19-hospitalizations-icu-admissions-and-deaths-associated-with-the-new-variants-of-concern/>
60. CBC News. Windsor school outbreak set example for asymptomatic school testing in province: biostatistician | CBC News. CBC. 2020 [cité le 7 décembre 2020]. Accessible à : <https://www.cbc.ca/news/canada/windsor/covid-19-asymptomatic-testing-schools-1.5824737>
61. CBC News, 3 décembre 2020 17 h 53 HE | Dernière mise à jour : Toronto Public Health to close Thorncliffe Park PS over COVID-19 outbreak. CBC. 2020 [cité le 7 décembre 2020]. Accessible à : <https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/thorncliffe-park-work-refusal-1.5827493>
62. Carter A. No return to in-class learning for Ontario students this school year, Ford says. CBC. 2 juin 2021 [cité le 4 juin 2021]; accessible à : <https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/ford-lecture-school-announcement-1.6049729>
63. Anfinrud P, Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A. Visualizing Speech-Generated Oral Fluid Droplets with Laser Light Scattering. *New England Journal of Medicine.* 21 mai 2020 [cité le 5 août 2020]; 382(21):2061–3. Accessible à : <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2007800>
64. Jimenez JL. Why Arguments Against Aerosol Transmission Don't Hold Water. *Medscape.* 2020 [cité le 4 août 2020]. Accessible à : <http://www.medscape.com/viewarticle/934837>

65. Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, Jutla AS, Tilly TB, Gangwar M, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *International Journal of Infectious Diseases*. 1^{er} nov. 2020;100:476–82. Accessible à : [https://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(20\)30739-6/abstract](https://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(20)30739-6/abstract)
66. Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et coll. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, Chine, 2020 - volume 26, numéro 7 — juillet 2020 - *Emerging Infectious Diseases journal - CDC*. *Emerging Infectious Diseases - CDC*. Juillet 2020 [cité le 16 juillet 2020]; 26(7). Accessible à : https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764_article
67. Park SY, Kim Y-M, Yi S, Lee S, Na B-J, Kim CB, et al. Coronavirus Disease Outbreak in Call Center, South Korea. *Emerging Infectious Diseases*. Août 2020 [cité le 14 juin 2020]; 26(8):early release. Accessible à : https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/8/20-1274_article
68. de Man P, Paltansing S, Ong DSY, Vaessen N, van Nielen G, Koeleman JGM. Outbreak of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in a Nursing Home Associated With Aerosol Transmission as a Result of Inadequate Ventilation. *Clin Infect Dis*. 28 août 2020 [cité le 22 juin 2021]; accessible à : <http://academic.oup.com/cid/advance-article/doi/10.1093/cid/ciaa1270/5898577>
69. Miller SL, Nazaroff WW, Jimenez JL, Boerstra A, Buonanno G, Dancer SJ, et coll. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Indoor Air*. 26 sept. 2020 [cité le 11 janv. 2021]; accessible à : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ina.12751>
70. Lin G, Zhang S, Zhong Y, Zhang L, Ai S, Li K, et coll. Community evidence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) transmission through air. *Atmos Environ* (1994). 20 nov. 2020 [cité le 7 déc. 2020]; accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7677092/>
71. Paltiel AD, Zheng A, Walensky RP. Assessment of SARS-CoV-2 Screening Strategies to Permit the Safe Reopening of College Campuses in the United States. *JAMA Netw Open*. 1^{er} juillet 2020 [cité le 4 août 2020]; 3(7):e2016818–e2016818. Accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2768923>
72. Zhang R, Li Y, Zhang AL, Wang Y, Molina MJ. Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19. *Proc Natl Acad Sci USA*. 11 juin 2020 [cité le 13 juin 2020]; 202009637. Accessible à : <http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.2009637117>
73. MacIntyre CR, Wang Q. Physical distancing, face masks, and eye protection for prevention of COVID-19. *The Lancet*. 1^{er} juin 2020 [cité le 6 juin 2020]; 0(0). Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)31183-1/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31183-1/abstract)
74. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ, et al. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 1^{er} juin 2020 [cité le 2 juin 2020]; 0(0). Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(20\)31142-9/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31142-9/abstract)

75. Greenhalgh T, Schmid MB, Cypionka T, Bassler D, Gruer L. Face masks for the public during the covid-19 crisis. *BMJ*. 9 avril 2020 [cité le 1^{er} juin 2020]; 369. Accessible à : <https://www.bmj.com/content/369/bmj.m1435>
76. Prather KA, Wang CC, Schooley RT. Réduction de la transmission du SRAS-CoV-2. *Science*. 27 mai 2020 [cité le 1^{er} juin 2020]; accessible à : <https://science.sciencemag.org/content/early/2020/05/27/science.abc6197>
77. Rinott E, Youngster I, Lewis Y. Reduction in COVID-19 Patients Requiring Mechanical Ventilation Following Implementation of a National COVID-19 Vaccination Program — Israel, décembre 2020 à février 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2021 Mar 5 [cité le 14 avril 2021];70(9):326–8. Accessible à : <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/mm7009e3.htm>
78. Aschwanden C. Five reasons why COVID herd immunity is probably impossible. *Nature*. 18 mars 2021 [cité le 14 avril 2021];591(7851):520-2. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/d41586-021-00728-2>
79. Hoffmann M, Arora P, Groß R, Seidel A, Hörnich B, Hahn A, et al. SARS-CoV-2 variants B.1.351 and B.1.1.248: Escape from therapeutic antibodies and antibodies induced by infection and vaccination. *bioRxiv*. 11 février 2021 [cité le 22 mars 2021];2021.02.11.430787. Accessible à : <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2021.02.11.430787v1>
80. Rubin R. COVID-19 Vaccines vs Variants—Determining How Much Immunity Is Enough. *JAMA*. 17 mars 2021 [cité le 19 mars 2021]; accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/277777785>
81. Nawrat A. Beating the Covid-19 crisis: the role of vaccine boosters. *Pharmaceutical Technology*. 2021 [cité le 23 mars 2021]. Accessible à : <https://www.pharmaceutical-technology.com/features/covid19-vaccine-boosters-pandemic/>
82. Agence de la santé publique du Canada. Maladie à coronavirus (COVID-19) : Prevention and risks. 2020 [cité le 26 mars 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/prevention-risques.html>
83. Groupe d'experts de la conseillère scientifique en chef sur la COVID-19, Innovation Gouvernement du Canada. Le rôle des bioaérosols et de la ventilation intérieure dans la transmission de la COVID-19 - *Science.gc.ca*. Sept. 2020 [cité le 23 mars 2021]. Accessible à : https://science.gc.ca/eic/site/063.nsf/fra/h_98176.html
84. Tang JW, Bahnfleth WP, Bluyssen PM, Buonanno G, Jimenez JL, Kurnitski J, et al. Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV-2). *Journal of Hospital Infection*. 12 janv. 2021 [cité le 12 févr. 2021]; 0(0). Accessible à : [https://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701\(21\)00007-4/abstract](https://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701(21)00007-4/abstract)
85. Howard J, Huang A, Li Z, Tufekci Z, Zdimal V, Westhuizen H-M van der, et al. An evidence review of face masks against COVID-19. *PNAS*. 26 janv. 2021 [cité le 16 janv. 2021]; 118(4). Accessible à : <https://www.pnas.org/content/118/4/e2014564118>

86. Agence de la santé publique du Canada. COVID-19 : Masques non médicaux : À propos. 2020 [cité le 19 juin 2020]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/prevention-risques/a-propos-masques-couvre-visage-non-medicaux.html>
87. Organisation mondiale de la santé (OMS). Advice on the use of masks in the community, during home care and in healthcare settings in the context of the novel coronavirus (COVID-19) outbreak. 2020 [cité le 23 juillet 2020]. Accessible à : [https://www.who.int/publications-detail-redirect/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-\(2019-ncov\)-outbreak](https://www.who.int/publications-detail-redirect/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-(2019-ncov)-outbreak)
88. Morawska L, Milton DK. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19. *Clin Infect Dis.* [cité le 17 juillet 2020]; accessible à : <https://academic.oup.com/cid/article/doi/10.1093/cid/ciaa939/5867798>
89. Institute for Health Metrics Evaluation COVID-19 Forecasting Team. Global projections of lives saved from COVID-19 with universal mask use. *medRxiv.* 18 nov. 2020 [cité le 4 févr. 2021];2020.10.08.20209510. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.08.20209510v2>
90. Licina A, Silvers A. Use of powered air-purifying respirator(PAPR) as part of protective equipment against SARS-CoV-2-a narrative review and critical appraisal of evidence. *Am J Infect Control.* Avril 2021 [cité le 2 avril 2021]; 49(4):492-9. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7654369/>
91. Correspondence in reply. Stability and Viability of SARS-CoV-2. *New England Journal of Medicine.* 13 avril 2020 [cité le 27 avril 2020]; 0(0):null. Accessible à : <https://doi.org/10.1056/NEJMc2007942>
92. Wise J. Covid-19: Doctors and nurses demand better PPE for wider range of procedures. *BMJ.* 6 janv. 2021 [cité le 7 février 2021]; 372:N30. Accessible à : <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n30>
93. The Royal Society, The British Academy. Face masks and coverings for the general public. 26 juin 2020; 37. Accessible à : <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/set-c/set-c-facemasks.pdf>
94. Offeddu V, Yung CF, Low MSF, Tam CC. Effectiveness of Masks and Respirators Against Respiratory Infections in Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Infect Dis.* 13 nov. 2017 [cité le 1^{er} mai 2020]; 65(11):1934–42. Accessible à : <http://academic.oup.com/cid/article/65/11/1934/4068747>
95. Rodriguez-Palacios A, Cominelli F, Basson A, Pizarro T, Ilic S. Textile Masks and Surface Covers - A “Universal Droplet Reduction Model” Against Respiratory Pandemics. *Front Med.* 2020 [cité le 24 juin 2020];7. Accessible à : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2020.00260/full>
96. Brooks JT. Maximizing Fit for Cloth and Medical Procedure Masks to Improve Performance and Reduce SARS-CoV-2 Transmission and Exposure, 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2021 [cité le 11 févr. 2011];70. Accessible à : <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/mm7007e1.htm>

97. National Center for Immunization and Respiratory Diseases (NCIRD), Division of Viral Diseases. Improve the Fit and Filtration of Your Mask to Reduce the Spread of COVID-19. Centers for Disease Control and Prevention. 2021 [cité le 6 mars 2021]. Accessible à : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/mask-fit-and-filtration.html>
98. ASTM (American Society for Testing and Materials) International, Committee F23.65. ASTM F3502 - 21. Standard Specification for Barrier Face Coverings. ASTM International; févr. 2021 [cité le 23 février 2021]. Accessible à : <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?F3502-21>
99. Coroneo MT, Collignon PJ. SARS-CoV-2: eye protection might be the missing key. *The Lancet Microbe*. 23 février 2021[cité le 8 avril 2021]; 0(0). Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247\(21\)00040-9/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(21)00040-9/abstract)
100. Lindsley WG, Noti JD, Blachere FM, Szalajda JV, Beezhold DH. Efficacy of face shields against cough aerosol droplets from a cough simulator. *J Occup Environ Hyg*. 2014; 11(8):509–18.
101. Perencevich EN, Diekema DJ, Edmond MB. Moving Personal Protective Equipment Into the Community: Face Shields and Containment of COVID-19. *JAMA*. 9 juin 2020 [cité le 1^{er} juillet 2020]; 323(22):2252–3. Accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2765525>
102. Agence de la santé publique du Canada. COVID-19 : Masks and face shields for duration of acute healthcare setting shifts. 2020 [cité le 19 juillet 2020]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/professionnels-sante/prevention-controle-covid-19-lignes-directrices-provisaires-deuxieme-version.html>
103. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. CuMask+TM. 2021 [cité le 4 février 2021]. Accessible à : <https://www.qmask.gov.hk/en/>
104. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. What is CuMask+TM. 2021 [cité le 4 février 2021]. Accessible à : <https://www.qmask.gov.hk/en/about>
105. Stewart EJ, Schoen LJ, Mead K, Olmsted RN, Sekhar C, Vernon W, et al. ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols. 2020;24. Accessible à : https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_infectiousaerosols_2020.pdf
106. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA). REHVA Covid-19 Guidance. 2020 [cité le 15 janvier 2021]. Accessible à : <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance/rehva-covid-19-guidance>
107. Van Damme W, Dahake R, van de Pas R, Vanham G, Assefa Y. COVID-19 : Does the infectious inoculum dose-response relationship contribute to understanding heterogeneity in disease severity and transmission dynamics? *Med Hypotheses*. Janv. 2021 [cité le 18 avril 2021]; 146:110431. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7686757/>

108. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Technical Committee 5.5. Practical Guidance for Epidemic Operation of ERVs. 2020. Accessible à : <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/practical-guidance-for-epidemic-operation-of-ervs.pdf>
109. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA). REHVA COVID-19 Ventilation Calculator. 2020. Accessible à : https://www.rehva.eu/fileadmin/content/documents/Downloadable_documents/REHVA_COVID-19_Ventilation_Calculator_user_guide.pdf
110. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Equivalent Outdoor Air Calculator. Google Docs. 2021 [cité le 4 février 2021]. Accessible à : https://docs.google.com/spreadsheets/d/1GUCcjAyhZrTATHD8SQvNcF7JnuWKpadSVT6LA_8SUII/edit#gid=0
111. Wargocki P, Kuehn TH, Burroughs HEB, Muller CO, Conrad EA, Saputa DA, et al. ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning. 13 janv. 2018; accessible à : <https://www.ashrae.org/File%20Library/About/Position%20Documents/Filtration-and-Air-Cleaning-PD.pdf>
112. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et coll. Aerodynamic Characteristics and RNA Concentration of SARS-CoV-2 Aerosol in Wuhan Hospitals during COVID-19 Outbreak. Microbiology; mars 2020 [cité le 26 mars 2020]. Accessible à : <http://biorxiv.org/lookup/doi/10.1101/2020.03.08.982637>
113. Dietz L, Horve PF, Coil D, Fretz M, Wymelenberg KVD. 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Outbreak: A Review of the Current Literature and Built Environment (BE) Considerations to Reduce Transmission. 12 mars 2020 [cité le 26 mars 2020]; accessible à : <https://www.preprints.org/manuscript/202003.0197/v1>
114. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Standard 62.1-2019 - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2019 [cité le 18 avril 2021]. Accessible à : https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_62.1_2019
115. ASHRAE Epidemic Taskforce. Healthcare guidance. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE); 2020. Accessible à : <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/ashrae-healthcare-c19-guidance.pdf#%5B%7B%22num%22%3A30%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22XYZ%22%7D%2C0%2C842%2C0%5D>
116. ASHRAE Technical Committee 9.10, Laboratory Systems, editor. Classification of laboratory ventilation design levels. Atlanta, GA: ASHRAE; 2018. Accessible à : <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Free%20Resources/Publications/ClassificationOfLabVentDesLevels.pdf>
117. Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments (CCQAIB). Module 14. Qualité de l'environnement intérieur (QEI) et la productivité dans les milieux de travail/l'accomplissement dans les écoles. 2020. Accessible à : <https://iaqresource.ca/wp-content/uploads/2020/05/Module-14-IEQ-Productivity-Fre.pdf>

118. Memarzadeh F, Olmsted RN, Bartley JM. Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology. *American Journal of Infection Control*. Juin 2010 [cité le 29 août 2020]; 38(5):S13-24. Accessible à : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196655310004207>
119. Brager G, Borgeson S, Lee Y. Summary Report: Control Strategies for Mixed-Mode Buildings. 1^{er} octobre 2007 [cité le 15 août 2020]; accessible à : <https://escholarship.org/uc/item/8kp8352h>
120. Shao S, Zhou D, He R, Li J, Zou S, Mallery K, et al. Risk assessment of airborne transmission of COVID-19 by asymptomatic individuals under different practical settings. *arXiv:200703645 [physics]*. 24 juillet 2020 [cité le 1^{er} août 2020]; accessible à : <http://arxiv.org/abs/2007.03645>
121. Boualem O, Macdonald I, Thompson A, Booth D. Stratified Air Distribution Performance of Displacement Ventilation in Heating Season. Conseil national de recherches Canada; août 2012. Rapport no B3326.11.
122. Sleiti AK, Ahmed SF, Ghani SA. Spreading of SARS-CoV-2 via Heating, Ventilation, and Air Conditioning Systems—An Overview of Energy Perspective and Potential Solutions. *Journal of Energy Resources Technology*. 19 nov. 2020 [cité le 10 mai 2021]; 143(080803). Accessible à : <https://doi.org/10.1115/1.4048943>
123. Schild PG. Displacement Ventilation. Air Infiltration and Ventilation Centre, Norwegian Building Research Institute; 2004. Accessible à : https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/VIP/VIP05.Displacement_Vent.pdf
124. Krueger. Displacement Ventilation. Nov. 2012 Report No.: D3. Accessible à : https://www.krueger-hvac.com/file/9265/Displacement_Engineering.pdf
125. Wei G, Chen B, Lai D, Chen Q. An improved displacement ventilation system for a machining plant. *Atmospheric Environment*. 1^{er} mai 2020 [cité le 30 mars 2021]; 228:117419. Accessible à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231020301588>
126. McKinney KR, Gong YY, Lewis TG. Environmental Transmission of SARS at Amoy Gardens. *Journal of Environmental Health*; Denver. Mai 2006 [cité le 26 mai 2020]; 68(9):26–30; quiz 51–2. Accessible à : <http://search.proquest.com/docview/219720491/abstract/96FEAA27E6384DA9PQ/1>
127. Gao NP, Niu JL, Perino M, Heiselberg P. The airborne transmission of infection between flats in high-rise residential buildings: Tracer gas simulation. *Build Environ*. Nov. 2008 [cité le 9 février 2021]; 43(11):1805–17. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7115800/>
128. Ai Z, Mak CM, Gao N, Niu J. Tracer gas is a suitable surrogate of exhaled droplet nuclei for studying airborne transmission in the built environment. *Build Simul*. 1^{er} juin 2020 [cité le 1^{er} juin 2020]; 13(3):489-96. Accessible à : <https://doi.org/10.1007/s12273-020-0614-5>

129. Brager G, Ackerly K. Mixed-Mode Ventilation and Building Retrofits. 15 janv. 2010 [cité le 15 août 2020]; accessible à : <https://escholarship.org/uc/item/1p92f2pm>
130. Atkinson J, World Health Organization, editors. Natural ventilation for infection control in health-care settings. Geneva: Organisation mondiale de la santé; 2009. 106 p.
131. Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions: Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *JAMA*. 26 mars 2020 [cité le 1er mai 2020]; accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2763852>
132. Scheuch G. Breathing Is Enough: For the Spread of Influenza Virus and SARS-CoV-2 by Breathing Only. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*. 1^{er} août 2020 [cité le 20 août 2020]; 33(4):230–4. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7406993/>
133. Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et al. Early Release - COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020 - volume 26, numéro 7 — Juillet 2020 - Emerging Infectious Diseases - CDC. *Emerging Infectious Diseases*. [cité le 22 avril 2020];26. Accessible à : https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0764_article
134. Hamner L. High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice — Skagit County, Washington, mars 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020 [cited 2020 Jun 17];69. Accessible à : <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6919e6.htm>
135. Grundig T, Köksal N, Feb 06 AS· CN· P, 6 févr. 2021 4 h ET | Dernière mise à jour : Is an \$800 purifier best to clean your home's air? Marketplace tested 5 top brands and their claims | CBC News. CBC. 2021 [cité le 7 février 2021]. Accessible à : <https://www.cbc.ca/news/business/portable-air-purifier-tests-marketplace-1.5900782>
136. American Society for Healthcare Engineering. Negative Pressure Patient Room Options. 2020 [cité le 24 juin 2020]. Accessible à : <https://www.ashe.org/negative-pressure-rooms>
137. Wargocki P, Kuehn TH, Burroughs HEB, Muller CO, Conrad EA, Saputa DA, et al. ASHRAE Position Document on Filtration and Air Cleaning. :26.
138. Heßling M, Hönes K, Vatter P, Lingenfelder C. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation – review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. *GMS Hyg Infect Control*. 14 mai 2020 [cité le 18 juillet 2020]; 15. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7273323/>
139. Raeiszadeh M, Adeli B. A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations. *ACS Photonics*. 14 oct. 2020 [cité le 30 oct. 2020]; accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7571309/>
140. Rodgers B, Saputa D. HVAC UV Germicidal Irradiation UV-C Fixtures. *ASHRAE Journal*. Janvier 2017; accessible à : <https://tc0209.ashraetcs.org/documents/UVcSafetyArticle.pdf>
141. Reed NG. The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection. *Public Health Rep*. 2010 [cité le 20 mai 2020];125(1):15-27. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2789813/>

142. Commission internationale de l'éclairage, éditeur. UV-C photocarcinogenesis risks from germicidal lamps: technical report. Vienne : CIE Central Bureau; 2010. 15 p. (CIE publications). Accessible à : [http://files.cie.co.at/cie187-2010%20\(free%20copy%20March%202020\).pdf](http://files.cie.co.at/cie187-2010%20(free%20copy%20March%202020).pdf)
143. Commission internationale de l'éclairage Ultraviolet Air Disinfection. Vienne : CIE Central Bureau; 2003. 64 p. (Publication CIE). Accessible à : [http://files.cie.co.at/cie155-2003%20\(free%20copy%20March%202020\).pdf](http://files.cie.co.at/cie155-2003%20(free%20copy%20March%202020).pdf)
144. Buonanno M, Welch D, Shuryak I, Brenner D. Far-UVC light efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Virology*. 27 avril 2020 [cité le 22 juillet 2020]; accessible à : <https://www.researchsquare.com/article/rs-25728/v1>
145. Welch D, Buonanno M, Grilj V, Shuryak I, Crickmore C, Bigelow AW, et al. Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Sci Rep*. 2018 Feb 9 [cited 2020 Mar 30];8. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5807439/>
146. Chan KH, Peiris JSM, Lam SY, Poon LLM, Yuen KY, Seto WH. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. Vol. 2011, *Advances in Virology*. Hindawi; 2011 [cité le 3 juin 2020]. p. e734690. Accessible à : <https://www.hindawi.com/journals/av/2011/734690/>
147. Ford. Packing Heat: How Ford's Latest Tech Helps Police Vehicles Neutralize COVID-19 | Ford Media Center. 2020 [cité le 31 juillet 2020]. Accessible à : <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2020/05/27/ford-heated-sanitization-software-police-vehicles-coronavirus.html>
148. Bustamante-Marin XM, Ostrowski LE. Cilia and Mucociliary Clearance. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. Avril 2017 [cité le 4 juin 2020];9(4). Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5378048/>
149. Ahlawat A, Wiedensohler A, Mishra SK. An Overview on the Role of Relative Humidity in Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Indoor Environments. *Aerosol Air Qual Res*. 2020 [cité le 11 janvier 2021];20(9):1856–61. Accessible à : <https://aaqr.org/articles/aaqr-20-06-covid-0302>
150. Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments (CCQAIB). *Stratégies de contrôle des moisissures et des agents microbiologiques*. 2015. Accessible à : <https://iaqresource.ca/wp-content/uploads/2019/06/CCIAQB-Module-10-Fre.pdf>
151. Courtney JM, Bax A. Hydrating the respiratory tract: an alternative explanation why masks lower severity of COVID-19. *Biophysical Journal*. 12 févr. 2021 [cité le 10 mars 2021]; accessible à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006349521001168>
152. Organisation mondiale de la santé (OMS). *Vitamin D for prevention of respiratory tract infections*. Organisation mondiale de la santé; juin 2017 [cité le 31 mars 2021]. Accessible à : http://www.who.int/elena/titles/commentary/vitamind_pneumonia_children/en/
153. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. Vitamin D and COVID-19: why the controversy? *The Lancet Diabetes & Endocrinology*. 1^{er} févr. 2021 [cité le 18 févr. 2021]; 9(2):53.

Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587\(21\)00003-6/abstract](https://www.thelancet.com/journals/landia/article/PIIS2213-8587(21)00003-6/abstract)

154. Rubin R. Sorting Out Whether Vitamin D Deficiency Raises COVID-19 Risk. *JAMA*. 26 janv. 2021 [cité le 18 févr. 2021]; 325(4):329. Accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2775003>
155. Marik PE, Kory P, Varon J. Does vitamin D status impact mortality from SARS-CoV-2 infection? *Med Drug Discov*. Juin 2020 [cité le 21 juin 2020]; 6:100041. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7189189/>
156. Merzon E, Tworowski D, Gorohovski A, Vinker S, Golan Cohen A, Green I, et coll. Low plasma 25(OH) vitamin D level is associated with increased risk of COVID-19 infection: an Israeli population-based study. *FEBS J*. 23 juillet 2020 [cité le 24 février 2021]; accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7404739/>
157. Meltzer DO, Best TJ, Zhang H, Vokes T, Arora VM, Solway J. Association of Vitamin D Levels, Race/Ethnicity, and Clinical Characteristics With COVID-19 Test Results. *JAMA Netw Open*. 1^{er} mars 2021;4(3):e214117.
158. Katz J, Yue S, Xue W. Increased risk for COVID-19 in patients with vitamin D deficiency. *Nutrition*. 1^{er} avril 2021 [cité le 31 mars 2021]; 84:111106. Accessible à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0899900720303890>
159. Rhodes JM, Subramanian S, Laird E, Griffin G, Kenny RA. Perspective: Vitamin D deficiency and COVID-19 severity – plausibly linked by latitude, ethnicity, impacts on cytokines, ACE2, and thrombosis (R1). *J Intern Med*. 2 juillet 2020 [cité le 24 février 2021]; accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7361294/>
160. Santé publique Ontario. Santé publique Ontario, Association de l'état de la vitamine D à l'incidence et aux conséquences de la COVID19, et facteurs en matière d'équité en santé. Janv. 2021. Accessible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/he/2021/02/covid-19-rapid-review-vitamin-d.pdf?la=fr>
161. Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A. Seasonality of Respiratory Viral Infections. *Annu Rev Virol*. 29 septembre 2020 [cité le 3 juin 2020]; 7(1):annurev-virology-012420-022445. Accessible à : <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-virology-012420-022445>
162. O'Reilly KM, Auzenbergs M, Jafari Y, Liu Y, Flasche S, Lowe R. Effective transmission across the globe: the role of climate in COVID-19 mitigation strategies. *The Lancet Planetary Health*. 1^{er} mai 2020 [cité le 4 juin 2020]; 4(5):E172. Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(20\)30106-6/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(20)30106-6/abstract)
163. Du C-R, Wang S-C, Yu M-C, Chiu T-F, Wang J-Y, Chuang P-C, et al. Effect of ventilation improvement during a tuberculosis outbreak in underventilated university buildings. *Indoor Air*. 2020 [cité le 22 août 2020];30(3):422–32. Accessible à : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ina.12639>
164. Rudnick SN, Milton DK. Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration. *Indoor Air*. 13 sept. 2003 (3):237–45.

165. Hou D, Katal A, Wang L (Leon). Bayesian Calibration of Using CO₂ Sensors to Assess Ventilation Conditions and Associated COVID-19 Airborne Aerosol Transmission Risk in Schools. medRxiv. 3 février 2021 [cité le 10 février 2021]; 2021.01.29.21250791. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.01.29.21250791v1>
166. Peng Z, Jimenez JL. Exhaled CO₂ as COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities. Environmental Science & Technology Letters. 11 mai 2021 [cité le 17 novembre 2020]; 8(5):392–7. Accessible à : <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.1c00183>
167. Agence de la santé publique du Canada. Variants du SRAS-CoV-2 : Définitions, classifications et mesures de santé publique nationales. 2021 [cité le 27 mai 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/professionnels-sante/tests-diagnostic-declaration-cas/variants-sars-cov-2-definITIONS-classifications-mesures-sante-publique-nationales.html>
168. Vaidyanathan G. Coronavirus variants are spreading in India — what scientists know so far. Nature. 11 mai 2021 [cité le 12 mai 2021]; accessible à : <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01274-7>
169. Proctor C, Rhoads W, Keane T, Salehi M, Hamilton K, Pieper KJ, et al. Considerations for Large Building Water Quality after Extended Stagnation. 8 avril 2020 [cité le 12 juin 2020]; disponible à : <https://osf.io/qvj3b/>
170. Organisation mondiale de la santé (OMS). Water Safety in Buildings. Mars 2010 [cité le 21 juin 2020]. Accessible à : https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/settings/water_safety_buildings_march_2010.pdf
171. Bédard E, Laferrière C, Déziel E, Prévost M. Impact of stagnation and sampling volume on water microbial quality monitoring in large buildings. PLOS ONE. Juin 21 2018 [cité le 21 juin 2020]; 13(6):e0199429. Accessible à : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0199429>
172. Amirian ES. Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: Current evidence and implications for public health. International Journal of Infectious Diseases. Juin 2020 [cité le 16 mai 2020]; 95:363-70. Accessible à : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1201971220302733>
173. Li Y, Wang J-X, Chen X. Can a toilet promote virus transmission? From a fluid dynamics perspective. Physics of Fluids. 1^{er} juin 2020 [cité le 24 juin 2020]; 32(6):065107. Accessible à : <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0013318>
174. D'Aoust PM, Mercier E, Montpetit D, Jia J-J, Alexandrov I, Neault N, et al. Quantitative analysis of SARS-CoV-2 RNA from wastewater solids in communities with low COVID-19 incidence and prevalence. Water Res. 1^{er} janv. 2021 [cité le 10 janv. 2021]; 188:116560. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7583624/>
175. D'Aoust PM, Graber TE, Mercier E, Montpetit D, Alexandrov I, Neault N, et al. Catching a resurgence: Increase in SARS-CoV-2 viral RNA identified in wastewater 48 h before COVID-19 clinical tests and 96 h before hospitalizations. Science of The Total Environment.

20 mai 2021 [cité le 7 février 2021]; 770:145319. Accessible à :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721003867>

176. Westhaus S, Weber F-A, Schiwy S, Linnemann V, Brinkmann M, Widera M, et al. Detection of SARS-CoV-2 in raw and treated wastewater in Germany – Suitability for COVID-19 surveillance and potential transmission risks. *Sci Total Environ.* 10 janv. 2021 [cité le 8 mars 2021]; 751:141750. Accessible à :
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7434407/>
177. Hinz A, Xing L, Doukhanine E, Hug LA, Kassen R, Ormeci B, et al. SARS-CoV-2 Detection from the Built Environment and Wastewater and Its Use for Hospital Surveillance. *medRxiv.* 15 avril 2021 [cité le 29 avril 2021]; 2021.04.09.21255159. Accessible à :
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.04.09.21255159v2>
178. Santé Canada. Désinfectants pour surfaces dures et désinfectants pour les mains (COVID-19) 2020 [cité le 21 juin 2020]. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/desinfectants/covid-19.html>
179. Lin Q, Lim JYC, Xue K, Yew PYM, Owh C, Chee PL, et coll. Sanitizing agents for virus inactivation and disinfection. *View.* 24 mai 2020 [cité le 18 juillet 2020]; accessible à :
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7267133/>
180. Lai MYY, Cheng PKC, Lim WWL. Survival of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus. *Clin Infect Dis.* 1^{er} octobre 2005 [cité le 18 juillet 2020]; 41(7):E67–71. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7107832/>
181. Singapore National Environment Agency. Interim List of Household Products and Active Ingredients for Surface Disinfection of the COVID-19 Virus. [consulté le 20 août 2020]. Accessible à : <https://www.nea.gov.sg/our-services/public-cleanliness/environmental-cleaning-guidelines/guidelines/interim-list-of-household-products-and-active-ingredients-for-disinfection-of-covid-19>
182. Santé Canada. Production of Ethanol for Use in Alcohol-Based Hand Sanitizers - Interim Guide. 2020 [cité le 13 juillet 2020]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/desinfectants/covid-19/guide-interimaire-ethanol-desinfectants-mains.html>
183. Santé Canada, gouvernement du Canada Rappel de certains désinfectants pour les mains qui pourraient présenter des risques pour la santé. 2020 [cité le 21 juillet 2020]. Accessible à : <https://canadiensensante.gc.ca/recall-alert-rappel-avis/hc-sc/2020/73385a-fra.php>
184. Chaudhary NK, Chaudhary N, Dahal M, Guragain B, Rai S, Chaudhary R, et al. Fighting the SARS CoV-2 (COVID-19) Pandemic with Soap. 5 mai 2020 [cité le 23 mars 2021]; accessible à : <https://www.preprints.org/manuscript/202005.0060/v1>
185. Forum sur la qualité de l’air intérieur, Conseil national de recherches du Canada. Module 13 - Aborder la question de la sensibilité aux produits chimiques Forum sur la QAI 2019 [cité le 3 juillet 2019]. Accessible à : <https://iaqresource.ca/fr/module-13-aborder-la-question-de-la-sensibilite-aux-produits-chimiques/>

186. Hora PI, Pati SG, McNamara PJ, Arnold WA. Increased Use of Quaternary Ammonium Compounds during the SARS-CoV-2 Pandemic and Beyond: Consideration of Environmental Implications. *Environ Sci Technol Lett*. 26 juin 2020 [cité le 18 juillet 2020]; accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7341688/>
187. Darbre PD. Overview of air pollution and endocrine disorders. *Int J Gen Med*. 23 mai 2018 [cité le 19 nov. 2018]; 11:191-207. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5973437/>
188. Jackson-Browne MS, Papandonatos GD, Chen A, Calafat AM, Yolton K, Lanphear BP, et coll. Identifying Vulnerable Periods of Neurotoxicity to Triclosan Exposure in Children. *Environmental Health Perspectives*. 2 mai 2018 [cité le 8 mai 2018]; 126(05). Accessible à : <https://ehp.niehs.nih.gov/EHP2777>
189. Santé Canada. Triclosan - information sheet. 2018 [cité le 22 juin 2020]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/substances-chimiques/fiches-renseignements/en-bref/triclosan.html>
190. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada Gouvernement du Canada. Gazette du Canada, Partie 2, volume 152, numéro 14 : Décret d'inscription d'une substance toxique à l'annexe 1 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) [chlorhexidine et ses sels]. Gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Direction générale des services intégrés, Gazette du Canada, 2018 [cité le 14 août 2020]. Accessible à : <https://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2018/2018-07-11/html/sor-dors130-fra.html>
191. Environnement et Changement climatique Canada. Liste des substances toxiques : annexe 1 de la LCPE. 2019 [cité le 9 octobre 2019]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-environnemental-loi-canadienne-protection/listes-substances/toxiques/annexe-1.html>
192. Gouvernement du Canada, TPSGC Gazette du Canada, Partie 1, volume 155, numéro 10 : Décret d'inscription d'une substance toxique à l'annexe 1 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) [chlorhexidine et ses sels]. Gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, Direction générale des services intégrés, Gazette du Canada, 2021 [cité le 11 mars 2021]. Accessible à : <https://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p1/2021/2021-03-06/html/reg3-fra.html>
193. Getahun H, Smith I, Trivedi K, Paulin S, Balkhy HH. Tackling antimicrobial resistance in the COVID-19 pandemic. *Bull World Health Organ*. 1^{er} juillet 2020 [cité le 2 août 2020]; 98(7):442-442A. Accessible à : <http://www.who.int/entity/bulletin/volumes/98/7/20-268573.pdf>
194. Fahimipour AK, Ben Mamar S, McFarland AG, Blaustein RA, Chen J, Glawe AJ, et al. Antimicrobial Chemicals Associate with Microbial Function and Antibiotic Resistance Indoors. *mSystems*. 11 décembre 2018 [cité le 4 mars 2019]; 3(6). Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6290264/>
195. Kampf G. Biocidal Agents Used for Disinfection Can Enhance Antibiotic Resistance in Gram-Negative Species. *Antibiotics (Basel)*. 14 décembre 2018 [cité le 18 juillet 2020]; 7(4). Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6316403/>

196. Lu J, Guo J. Disinfection spreads antimicrobial resistance. *Science*. 29 janv. 2021 [cité le 22 février 2021]; 371(6528):474-474. Accessible à : <http://science.sciencemag.org/content/371/6528/474.1>
197. Usman M, Farooq M, Hanna K. Environmental side effects of the injudicious use of antimicrobials in the era of COVID-19. *Sci Total Environ*. 25 nov. 2020 [cité le 23 avril 2021]; 745:141053. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7368658/>
198. Office of Chemical Safety and Pollution Prevention (OCSPP), U.S. Environmental Protection Agency (EPA). EPA's Safer Choice Standard. Févr. 2015; 41. Accessible à : <https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-12/documents/standard-for-safer-products.pdf>
199. US Environmental Protection Agency (EPA), OCSPP. Design for the Environment Logo for Antimicrobial Pesticide Products. US EPA. 2015 [cité le 27 juin 2020]. Accessible à : <https://www.epa.gov/pesticide-labels/design-environment-logo-antimicrobial-pesticide-products>
200. Holm SM, Leonard V, Durrani T, Miller MD. Do we know how best to disinfect child care sites in the United States? A review of available disinfectant efficacy data and health risks of the major disinfectant classes. *American Journal of Infection Control*. 1^{er} janvier 2019 [cité le 19 juin 2020]; 47(1):82–91. Accessible à : [https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553\(18\)30731-4/abstract](https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(18)30731-4/abstract)
201. International Fragrances Association. IFRA Transparency List. 2021 [cité le 15 mars 2021]. Accessible à : <https://ifrafragrance.org/priorities/ingredients/ifra-transparency-list>
202. Comité canadien sur la qualité de l'air intérieur et les bâtiments (CCQAIB). Module 7. Communiqué avec des organisations de locataires et des occupants individuels 2015. Accessible à : <https://iaqresource.ca/wp-content/uploads/2019/06/CCIAQB-Module-7-Eng.pdf>
203. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*. 16 avr. 2020 [cité le 18 avril 2020]; 382(16):1564–7. Accessible à : <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
204. D'Arcy N. Antimicrobials in plastics: a global review. *Plastics, Additives and Compounding*. Déc. 2001 [cité le 5 août 2020]; 3(12):12-5. Accessible à : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1464391X01803287>
205. Vazquez-Munoz R, Lopez-Ribot JL. Nanotechnology as an Alternative to Reduce the Spread of COVID-19. *Challenges*. Déc. 2020 [cité le 31 juillet 2020]; 11(2):15. Accessible à : <https://www.mdpi.com/2078-1547/11/2/15>
206. He H, Dong X, Yang M, Yang Q, Duan S, Yu Y, et al. Catalytic inactivation of SARS coronavirus, Escherichia coli and yeast on solid surface. *Catal Commun*. Mars 2004 [cité le 27 juin 2020]; 5(3):170–2. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7129964/>

207. Qin T, Ma R, Yin Y, Miao X, Chen S, Fan K, et al. Catalytic inactivation of influenza virus by iron oxide nanozyme. *Theranostics*. 21 septembre 2019 [cité le 27 juin 2020]; 9(23):6920–35. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6815955/>
208. Kabashima J, Giles DK, Parrella MP. Electrostatic sprayers improve pesticide efficacy in greenhouses. *Cal Ag*. Juillet 1995 [cité le 22 août 2020]; 49(4):31–5. Accessible à : <http://californiaagriculture.ucanr.org/landingpage.cfm?articleid=ca.v049n04p31>
209. Chen T, Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE). Reducing COVID-19 Transmission Through Cleaning and Disinfecting Household Surfaces. 2020. Accessible à : <https://ncceh.ca/sites/default/files/Reducing%20COVID-19%20Transmission%20Through%20Cleaning%20and%20Disinfecting%20Household%20Surfaces%20Final%20Apr%2028.pdf>
210. Cutts T, Kasloff S, Safronetz D, Krishnan J. Decontamination of common healthcare facility surfaces contaminated with SARS-CoV-2 using peracetic acid dry fogging. *J Hosp Infect*. Mars 2021 [cité le 11 mars 2021]; 109:82–7. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7832754/>
211. Huesca-Espitia L del C, Aslanzadeh J, Feinn R, Joseph G, Murray TS, Setlow P. Deposition of Bacteria and Bacterial Spores by Bathroom Hot-Air Hand Dryers. *Appl Environ Microbiol*. 15 avril 2018 [cité le 26 mars 2020]; 84(8). Accessible à : <https://aem.asm.org/content/84/8/e00044-18>
212. Peprah K, Topfer L-A. Infrared Temperature Devices for Infectious Disease Screening During Outbreaks: Overview of an ECRI Evidence Assessment. COVID-19 : CADTH technology review: focused critical appraisal. 6 et 15 mai 2020. Accessible à : <https://cadth.ca/sites/default/files/covid-19/ha0004-non-contact-ir-temperature-screening-final.pdf>
213. American Lung Association. Silent Hypoxia Typically Not the First Symptom of COVID-19, Other Early Symptoms Should Be Monitored. 2020 [cité le 24 août 2020]. Accessible à : <https://www.lung.org/media/press-releases/silent-hypoxia-covid-19>
214. Mouchtouri VA, Christoforidou EP, an der Heiden M, Menel Lemos C, Fanos M, Rexroth U, et al. Exit and Entry Screening Practices for Infectious Diseases among Travelers at Points of Entry: Looking for Evidence on Public Health Impact. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Janv. 2019 [cité le 23 juillet 2020]; 16(23):4638. Accessible à : <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/23/4638>
215. Agence de la santé publique du Canada. COVID-19 : Guide de ventilation des espaces intérieurs pendant la pandémie 2021 [cité le 23 février 2021]. Accessible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/document-orientation/guide-ventilation-espaces-interieurs-pandemie-covid-19.html>
216. 23 février JW CN P, 23 février 2021 4 h HE | Dernière mise à jour : Ontario is expanding asymptomatic COVID-19 testing in schools. Here's where and why it's being done. *CBC*. 2021 [cité le 24 mars 2021]. Accessible à : <https://www.cbc.ca/news/canada/ontario-asymptomatic-testing-schools-1.5923083>

217. Bradley EH, An M-W, Fox E. Reopening Colleges During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic—One Size Does Not Fit All. *JAMA Netw Open*. 1^{er} juillet 2020 [cité le 4 août 2020]; 3(7):e2017838– e2017838. Accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2768917>
218. Organisation mondiale de la santé (OMS). Ethical considerations to guide the use of digital proximity tracking technologies for COVID-19 contact tracing. Interim Guidance.. 2020 [cité le 2 juin 2020]. Accessible à : https://www.who.int/publications-detail/WHO-2019-nCoV-Ethics_Contact_tracing_apps-2020.1
219. Mallapaty S. How sewage could reveal true scale of coronavirus outbreak. *Nature*. 3 avril 2020 [cité le 24 avril 2020]; 580(7802):176-7. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/d41586-020-00973-x>
220. Canadian Water Network. Coalition eaux usées COVID-19 Canadian Water Network. 2020 [cité le 31 août 2020]. Accessible à : <https://cwn-rce.ca/fr/coalition-eaux-usees-covid-19/>
221. Pérez-Cataluña A, Chiner-Oms Á, Cuevas-Ferrando E, Díaz-Reolid A, Falcó I, Randazzo W, et al. Detection Of Genomic Variants Of SARS-CoV-2 Circulating In Wastewater By High-Throughput Sequencing. *medRxiv*. 10 févr. 2021 [cité le 8 mars 2021]; 2021.02.08.21251355. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.02.08.21251355v1>
222. Guan W, Ni Z, Hu Y, Liang W, Ou C, He J, et al. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *New England Journal of Medicine*. 28 févr. 2020 [cité le 19 juin 2020]; accessible à : <https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa2002032>
223. Arrandale V, Bondy S, Ikiz E, Lee C, MacLaren V, Miller F, et al. Opportunities for reusables in retail settings during the COVID-19 pandemic in Canada: A review of guidance and evidence. Dalla Lana School of Public Health, Université de Toronto; janvier 2021. Accessible à l'adresse http://www.nzwc.ca/Documents/NZWC_OpportunitiesforReusablesinRetailReport.pdf
224. Cowling BJ, Ali ST, Ng TWY, Tsang TK, Li JCM, Fong MW, et al. Impact assessment of non-pharmaceutical interventions against coronavirus disease 2019 and influenza in Hong Kong: an observational study. *The Lancet Public Health*. 1er mai 2020 [cité le 19 juin 2020]; 5(5):e279-88. Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468266720300906>
225. Soo RJJ, Chiew CJ, Ma S, Pung R, Lee V. Decreased Influenza Incidence under COVID-19 Control Measures, Singapore. *Emerging Infectious Disease journal*. 2020;26(8). Accessible à : https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/8/20-1229_article
226. Organisation mondiale de la santé (OMS). Investing in and building longer-term health emergency preparedness during the COVID-19 pandemic. Juillet 2020 [cité le 10 avril 2021]. Accessible à : <https://www.who.int/publications/i/item/investing-in-and-building-longer-term-health-emergency-preparedness-during-the-covid-19-pandemic>
227. Wölfel R, Corman VM, Guggemos W, Seilmaier M, Zange S, Müller MA, et al. Virological assessment of hospitalized patients with COVID-2019. *Nature*. Mai 2020 [cité le

- 21 juillet 2020]; 581(7809):465–9. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/s41586-020-2196-x>
228. Gu J, Han B, Wang J. COVID-19: Gastrointestinal Manifestations and Potential Fecal–Oral Transmission. *Gastroenterology*. Mai 2020 [cité le 21 juillet 2020]; 158(6):1518–9. Accessible à : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001650852030281X>
229. Xiao F, Tang M, Zheng X, Liu Y, Li X, Shan H. Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology*. Mai 2020 [cité le 21 juillet 2020]; 158(6):1831-1833.e3. Accessible à : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016508520302821>
230. Masks4Canada. Aerosol transmission follow up letter. [consulté le 23 février 2021]. Accessible à : <https://masks4canada.org/resources/open-letters/aerosol-transmission-follow-up-letter/>
231. US Centres for Disease Control and Prevention (CDC). COVID-19 Pandemic Planning Scenarios. Centers for Disease Control and Prevention. 2020 [cité le 13 août 2020]. Accessible à : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/planning-scenarios.html>
232. Paltiel AD, Zheng A, Walensky RP. Online Calculation Tool for Assessment of SARS-CoV-2 Screening Strategies to Permit the Safe Reopening of College Campuses in the United States. University of Wisconsin; 2020 [cité le 5 février 2021]. Accessible à : <https://data-viz.it.wisc.edu/covid-19-screening/>
233. Bedford T, Greninger AL, Roychoudhury P, Starita LM, Famulare M, Huang M-L, et al. Cryptic transmission of SARS-CoV-2 in Washington State. *medRxiv*. 16 avr. 2020 [cité le 22 août 2020]; accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7276023/>
234. Endo A, Leclerc QJ, Knight GM, Medley GF, Atkins KE, Funk S, et al. Implication of backward contact tracing in the presence of overdispersed transmission in COVID-19 outbreaks. *Wellcome Open Res*. 18 janv. 2021 [cité le 23 mars 2021]; 5. Accessible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7610176/>
235. Kojaku S, Hébert-Dufresne L, Mones E, Lehmann S, Ahn Y-Y. The effectiveness of backward contact tracing in networks. *Nature Physics*. 25 février 2021 [cité le 23 mars 2021]; 1–7. Accessible à : <http://www.nature.com/articles/s41567-021-01187-2>
236. Verdoni L, Mazza A, Gervasoni A, Martelli L, Ruggeri M, Ciuffreda M, et al. An outbreak of severe Kawasaki-like disease at the Italian epicentre of the SARS-CoV-2 epidemic: an observational cohort study. *The Lancet*. 6 juin 2020 [cité le 19 juin 2020]; 395(10239):1771–8. Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014067362031103X>
237. Agence de la santé publique du Canada (ASPC). Maladie à coronavirus (COVID-19) : Symptoms and treatment. 2020 [cité le 24 mars 2021]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus.html>
238. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). For Parents: Multisystem Inflammatory Syndrome in Children (MIS-C) associated with COVID-19. Centers for Disease Control and Prevention. 2020 [cité le 24 mars 2021]. Accessible à : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/daily-life-coping/children/symptoms.html>

239. Posfay-Barbe KM, Wagner N, Gauthey M, Moussaoui D, Loevy N, Diana A, et al. COVID-19 in Children and the Dynamics of Infection in Families. *Pediatrics*. 1^{er} juillet 2020 [cité le 26 juillet 2020]; disponible à : <https://pediatrics.aappublications.org/content/early/2020/07/08/peds.2020-1576>
240. Link-Gelles R. Limited Secondary Transmission of SARS-CoV-2 in Child Care Programs — Rhode Island, 1^{er} juin au 31 juillet 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020 [cité le 24 août 2020];69. Accessible à : <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6934e2.htm>
241. Stein-Zamir C, Abramson N, Shoob H, Libal E, Bitan M, Cardash T, et al. A large COVID-19 outbreak in a high school 10 days after schools' reopening, Israel, mai 2020. *Eurosurveillance*. 23 juillet 2020 [cité le 26 juillet 2020]; 25(29). Accessible à : <https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.29.2001352>
242. Szablewski CM, Chang KT, Brown MM, Chu VT, Yousaf AR, Anyalechi N, et al. SARS-CoV-2 Transmission and Infection Among Attendees of an Overnight Camp — Georgia, juin 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 31 juill. 2020 [cité le 2 août 2020]; 69(31). Accessible à : http://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/mm6931e1.htm?s_cid=mm6931e1_w
243. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Fonds international d'urgence pour les enfants (UNICEF), Banque mondiale, Programme alimentaire mondial, Agence des Nations Unies pour les réfugiés (UNHCR). Framework for reopening schools. 2020 [cité le 2 août 2020]. Accessible à : <https://www.unicef.org/sites/default/files/2020-06/Framework-for-reopening-schools-2020.pdf>
244. O'Keeffe J. COVID-19 Risks and Precautions for Choirs. Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE); 2020. Accessible à : https://ncceh.ca/sites/default/files/Choirs%20review_NCCEH_Jul10_2020-EN_REF.pdf
245. Chin AWH, Chu JTS, Perera MRA, Hui KPY, Yen H-L, Chan MCW, et al. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*. 1^{er} mai 2020 [cité le 19 juillet 2020]; 1(1):E10. Accessible à : [https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247\(20\)30003-3/abstract](https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(20)30003-3/abstract)
246. Riddell S, Goldie S, Hill A, Eagles D, Drew TW. The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surfaces. *Virology Journal*. 7 oct. 2020 [cité le 16 oct. 2020]; 17(1):145. Accessible à : <https://doi.org/10.1186/s12985-020-01418-7>
247. Andreano E, Piccini G, Licastro D, Casalino L, Johnson NV, Paciello I, et al. SARS-CoV-2 escape in vitro from a highly neutralizing COVID-19 convalescent plasma. *bioRxiv*. 28 déc. 2020 [cité le 10 janv. 2021]; 2020.12.28.424451. Accessible à : <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.12.28.424451v1>
248. US Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Emerging SARS-CoV-2 Variants. Centers for Disease Control and Prevention. 2021 [cité le 6 février 2021]. Accessible à : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/science-and-research/scientific-brief-emerging-variants.html>
249. Toyoshima Y, Nemoto K, Matsumoto S, Nakamura Y, Kiyotani K. SARS-CoV-2 genomic variations associated with mortality rate of COVID-19. *Journal of Human Genetics*.

Déc. 2020 [cité le 9 janvier 2021]; 65(12):1075–82. Accessible à : <https://www.nature.com/articles/s10038-020-0808-9>

250. Venkatakrisnan AJ, Anand P, Lenehan P, Ghosh P, Suratekar R, Siroha A, et al. Antigenic minimalism of SARS-CoV-2 is linked to surges in COVID-19 community transmission and vaccine breakthrough infections. medRxiv. 14 juin 2021 [cité le 23 juin 2021]; 2021.05.23.21257668. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.05.23.21257668v3>
251. Nonaka CKV, Franco MM, Gräf T, Mendes AVA, Aguiar RS de, Giovanetti M, et coll. Genomic Evidence of a Sars-Cov-2 Reinfection Case With E484K Spike Mutation in Brazil. 6 janv. 2021 [cité le 29 janv. 2021]; accessible à : <https://www.preprints.org/manuscript/202101.0132/v1>
252. Ledford H. COVID reinfections are unusual — but could still help the virus to spread. Nature. 14 janv. 2021 [cité le 11 mars 2021]; accessible à : <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00071-6>
253. Plante JA, Mitchell BM, Plante KS, Debbink K, Weaver SC, Menachery VD. The Variant Gambit: COVID's Next Move. Cell Host & Microbe. Mars 2021 [cité le 6 mars 2021]; S1931312821000998. Accessible à : <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1931312821000998>
254. Deng X, Garcia-Knight MA, Khalid MM, Servellita V, Wang C, Morris MK, et al. Transmission, infectivity, and antibody neutralization of an emerging SARS-CoV-2 variant in California carrying a L452R spike protein mutation. medRxiv. 9 mars 2021 [cité le 18 avril 2021]; 2021.03.07.21252647. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.03.07.21252647v1>
255. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Science Brief: SARS-CoV-2 and Surface (Fomite) Transmission for Indoor Community Environments. Centers for Disease Control and Prevention. 2021 [cité le 18 avril 2021]. Accessible à : <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/science-and-research/surface-transmission.html>
256. Yurkovetskiy L, Wang X, Pascal KE, Tomkins-Tinch C, Nyalile TP, Wang Y, et al. Structural and Functional Analysis of the D614G SARS-CoV-2 Spike Protein Variant. Cell. 29 oct. 2020 [cité le 23 déc. 2020]; 183(3):739-751.E8. Accessible à : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867420312290>
257. Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (CEPCM). Rapid increase of a SARS-CoV-2 variant with multiple spike protein mutations observed in the United Kingdom. Stockholm, décembre 2020. Accessible à : <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/SARS-CoV-2-variant-multiple-spike-protein-mutations-United-Kingdom.pdf>
258. New and Emerging Respiratory Virus Threats Advisory Group (NERVTAG). NERVTAG paper on COVID-19 variant of concern B.1.1.7. 2021 Jan [cité le 6 mars 2021]. Accessible à : <https://www.gov.uk/government/publications/nervtag-paper-on-covid-19-variant-of-concern-b117>

259. Sickbert-Bennett EE, Samet JM, Clapp PW, Chen H, Berntsen J, Zeman KL, et al. Filtration Efficiency of Hospital Face Mask Alternatives Available for Use During the COVID-19 Pandemic. *JAMA Intern Med.* 11 août 2020 [cité le 28 août 2020]; accessible à : <https://jamanetwork.com/journals/jamainternalmedicine/fullarticle/2769443>
260. Chen PZ, Bobrovitz N, Premji Z, Koopmans M, Fisman DN, Gu FX. Heterogeneity in transmissibility and shedding SARS-CoV-2 via droplets and aerosols. *medRxiv.* 2 déc. 2020 [cité le 3 déc. 2020]; 2020.10.13.20212233. Accessible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.13.20212233v3>
261. Sun K, Wang W, Gao L, Wang Y, Luo K, Ren L, et al. Transmission heterogeneities, kinetics, and controllability of SARS-CoV-2. *Science.* 15 janv. 2021 [cité le 2 févr. 2021]; 371(6526). Accessible à : <http://science.sciencemag.org/content/371/6526/eabe2424>
262. Gesellschaft für Aerosolforschung e.V. Position paper of the Gesellschaft für Aerosolforschung on understanding the role of aerosol particles in SARS-CoV-2 infection. *Zenodo*; déc. 2020 [cité le 13 avr. 2021]. Accessible à : <https://zenodo.org/record/4350494>
263. McCormick KD, Jacobs JL, Mellors JW. The emerging plasticity of SARS-CoV-2. *Science.* 26 mars 2021 [cité le 18 avril 2021];371(6536):1306–8. Accessible à : <http://science.sciencemag.org/content/371/6536/1306>

9. Ressources

9.1. QAI Ingénierie et science

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)	Normes techniques Documents de position	Aérosols infectieux; COVID-19 Filtration Normes relatives au chauffage, à la ventilation et à la climatisation (CVC)	https://www.ashrae.org/technical-resources/resources
Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA)	Directives et normes en matière de CVC	Modélisation mathématique des virions dans l'air intérieur	https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance

9.2. Modélisation et calculateurs

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)	Normes techniques Documents de position	Calculateur d'air extérieur équivalent	https://docs.google.com/spreadsheets/d/1GUCcjAyhzrTATHD8SQvNcF7Jn_uWKpadSVT6LA_8SUll/edit#gid=0
Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations	COVID-19 Ventilation Calculator	Modélisation mathématique des virions dans l'air intérieur (adapté de Jimenez et coll., ci-dessous)	Guide : https://www.rehva.eu/fileadmin/content/documents/Downloadable_documents/REHVA_COVID-19_Ventilation_Calculator_user_guide.pdf Feuille de calcul : https://www.rehva.eu/covid19-ventilation-calculator
Prof. L. Wang, Concordia University Building Environment (CUBE) Lab, Montréal (Québec)	City Reduced Probability of Infection (CityRPI)	Réduction de la transmission du SRAS-CoV-2.	https://concordia-cityrpi.web.app/

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Prof. Jose L Jimenez, Dept. of Chem. And CIRES, Univ. of Colorado-Boulder, USA	COVID-19 Aerosol Transmission Estimator	Modélisation mathématique plus détaillée et mise à jour des virions dans l'air intérieur	https://docs.google.com/spreadsheets/d/16K1OqkLD4BjgBdO8ePj6ytf-RpPMIJ6aXFg3PrIQBbQ/edit#gid=519189277
U.S. Department of Homeland Security	Estimated Surface Decay of SARS-CoV-2	Estime la survie sur les surfaces sous une plage de températures, d'humidité relative et d'indice UV	https://www.dhs.gov/science-and-technology/sars-calculator
	Estimated Airborne Decay of SARS-CoV-2	Estime la survie dans l'air sous une plage de températures, d'humidité relative et d'indice UV	https://www.dhs.gov/science-and-technology/sars-airborne-calculator
U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST)	FaTIMA – Fate and Transport of Indoor Microbiological Aerosols	Système de ventilation offrant de nombreuses options pour les sources de particules infectieuses.	https://www.nist.gov/services-resources/software/fatima

9.3. Santé publique, gouvernement

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Gouvernement du Canada	Mise à jour sur l'éclosion Orientation à l'intention des gestionnaires de bâtiments concernant la maladie à coronavirus 2019	Données et conseils de santé publique Réponse du Canada Restrictions (p. ex. concernant les voyages) Activités Nettoyage Réponse Retour sur les lieux de travail	https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus.html https://www.canada.ca/fr/gouvernement/fonctionpublique/covid-19/assouplissement-restrictions/guide-ministeres/gestion-immeuble-covid-19.html#a16

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Agence de la santé publique du Canada	<p>Page de ressources sur la maladie du coronavirus</p> <p>COVID-19 : Orientation sur la ventilation intérieure pendant la pandémie</p>	Épidémiologie, vaccins, orientation, soutien	<p>https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/maladie-coronavirus-covid-19.html</p> <p>https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/2019-nouveau-coronavirus/document-orientation/guide-ventilation-espaces-interieurs-pandemie-covid-19.html</p>
Santé Canada	Information réglementaire	Renseignements à l'intention des fabricants de produits de santé	https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/covid19-industrie.html
Santé Canada	Désinfectants pour surfaces dures et désinfectants pour les mains (COVID-19)	<p>Listes des désinfectants et des désinfectants pour les mains</p> <p>Information à l'intention des fabricants et mesures provisoires pour faire face aux pénuries</p> <p>Aucune liste d'ingrédients actifs préférés ou moins toxiques</p>	<p>https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/desinfectants/covid-19.html</p> <p>https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/medicaments-produits-sante/desinfectants/covid-19/guide-interiminaire-ethanol-desinfectants-mains.html</p>
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (Santé Canada)	Base de données interrogeable visant à cerner les étiquettes des désinfectants enregistrés pour une utilisation contre les virus, en particulier contre le SRAS-CoV-2. Au 1 ^{er} août 2020, aucune étiquette ne mentionnait précisément le mot « SRAS ».	Les désinfectants appliqués sur les surfaces peuvent également être considérés comme des pesticides. Les étiquettes sont des documents juridiques qui incluent la composition, l'application requise ou les instructions d'utilisation, ainsi que des renseignements sur la sécurité des consommateurs et des travailleurs.	https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lsc-re/lbl_detail-fra.php

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST)	Une série de fiches-conseils sur diverses activités, ainsi que de nombreuses ressources sur l'ergonomie et le travail de bureau	Ressources sur des sujets liés à la COVID-19 : Réouverture Désinfection Masques Garderies Prévention de la stigmatisation Professions et industries particulières Cours, affiches, planification	https://www.cchst.ca/products/publications/covid19-tool-kit/?&orig=/products/publications/covid19/
Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE)	Une série de documents et de présentations thématiques de discussion et de recommandations fondés sur des connaissances scientifiques.	De nombreux examens rapides sur des sujets liés à la COVID-19, y compris des notions de base, la prévention, l'intervention, les approches de divers lieux (p. ex. écoles et autres bâtiments), les eaux usées, les collectivités autochtones, le transport en commun et bien plus encore.	https://ccnse.ca/environmental-health-in-canada/health-agency-projects/ressources-de-sante-environnementale-pour-la
Centre de collaboration nationale des méthodes et outils (CCNMO)	Examens scientifiques rapides systématiques sur des sujets précis, plutôt axés sur des sujets médicaux et de santé mentale que sur la santé environnementale (ci-dessus)	Des dizaines d'études sur de nombreux sujets Parrainé par l'Agence de la santé publique du Canada : aérosolisation, écrans faciaux, transmission en chantant ou en jouant des instruments à vent, soins dentaires, bulles sociales, caractéristiques des événements à haut risque, origine ethnique, éclosion en milieu de travail, ventilation, assainissement et bien d'autres <i>Des sujets peuvent être proposés</i>	https://www.nccmt.ca/fr/covid-19/covid-19-revues-rapides
Provinces canadiennes			
Colombie-Britannique	Documents d'orientation de la C.-B. sur la COVID-19	Outils et stratégies détaillés pour les industries, les entreprises, les services de garde et d'éducation, les services communautaires et les places en garderie	http://www.bccdc.ca/health-info/diseases-conditions/covid-19/guidance-documents

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Alberta	Renseignements sur la COVID-19 pour les Albertains	Cas, dépistage, risque de maladie grave Exigences en matière de santé publique Lignes directrices sur les déplacements, les rassemblements, les lieux de travail, les soins en groupe, etc.	https://www.alberta.ca/coronavirus-info-for-albertans.aspx
Saskatchewan	Plan de réouverture de la Saskatchewan	Approches progressives et de santé publiques Lignes directrices propres à l'industrie Renseignements sur le milieu de travail	https://www.saskatchewan.ca/government/health-care-administration-and-provider-resources/treatment-procedures-and-guidelines/emerging-public-health-issues/2019-novel-coronavirus/re-open-saskatchewan-plan
Manitoba	Système de riposte à la pandémie de #RELANCEMB Rétablir la sécurité des services	Situation et niveau d'intervention COVID-19 : santé publique Feuille de route pour l'ouverture	https://www.gov.mb.ca/covid19/updates/index.fr.html https://www.gov.mb.ca/covid19/restoring/approach.html
Ontario	Cadre d'intervention pour la COVID-19 : Garder l'Ontario en sécurité et ouvert – Mesures de confinement	Mises à jour y compris les étapes Exigences en matière de santé publique Sécurité au travail et modèle de plan Directives propres au milieu de travail	https://covid-19.ontario.ca/fr/mesures-de-sante-publique https://www.ontario.ca/fr/page/ressources-pour-prevenir-la-covid-19-dans-les-lieux-de-travail
Institut national de santé publique du Québec	Nombreuses foires aux questions	Ressources sur la COVID-19, l'environnement intérieur, le retour au travail, les travailleurs étrangers temporaires, divers lieux, et plus encore	https://www.inspq.gc.ca/

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Nouveau-Brunswick	Maladie à coronavirus (COVID-19) – Ressources	Renseignements et ressources en matière de santé publique et mises à jour Orientation à l'intention des professionnels, des entreprises, et d'autres	https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/corporate/promo/covid-19.html
Nouvelle-Écosse	Coronavirus (COVID-19) Intervention du gouvernement en réponse à la COVID-19	Renseignements et ressources en matière de santé publique et mises à jour Documents d'orientation à l'intention des travailleurs, des entreprises, du milieu de l'éducation, des garderies	https://novascotia.ca/coronavirus/fr/
Île-du-Prince-Édouard	Outre des ressources similaires à d'autres ressources, des conseils détaillés pour les écoles	Orientation et données de santé publique Trousse scolaire, plans opérationnels, sécurité des autobus scolaires et directives détaillées pour chaque école	https://www.princeedwardisland.ca/fr/covid19 https://www.princeedwardisland.ca/en/information/education-and-lifelong-learning/education-toolkit
Yukon	Renseignements sur la COVID-19	Santé publique, y compris la situation, les masques et autres mesures, les tests, l'isolement et les vaccins Soins de santé et services essentiels Éducation et soutien aux écoles	https://yukon.ca/fr/covid-19-information
Territoires du Nord-Ouest	La réponse du GTNO à la COVID-19	Commerce et travail	https://www.gov.nt.ca/covid-19/fr/commerce-travail
Nunavut	L'approche du Nunavut pour avancer en temps de COVID-19	État des tests, transmission au Nunavut et dans les environs	https://www.gov.nu.ca/fr/sante/information/lapproche-du-nunavut
Organisations internationales			
Organisation mondiale de la santé (OMS)	Page principale : Mises à jour périodiques Pays et conseils techniques Conseils au grand public Recherche et développement Stratégie et planification etc.	Intervention d'urgence Recherche – diagnostics, thérapies, vaccins Interventions de la santé publique Santé personnelle	https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019

Autorité	Ressources	Sujets liés à la COVID-19	Principaux liens
Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (CEPCM).	Rapports de situation et ressources Systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation dans le contexte de la COVID-19	Page principale de la COVID-19 pour l'épidémiologie, la recherche Preuve de la transmission aéroportée et réponse à celle-ci, et ventilation	https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19-pandemic https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Ventilation-in-the-context-of-COVID-19.pdf
Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement (EPA)	Désinfectants – 4 catégories : toutes approuvées pour le SARS-CoV-2; certaines sont « plus sécuritaires » et peuvent être utilisées par les enfants	Désinfectants, y compris les temps de contact et des sous-listes de produits plus sécuritaires	https://www.epa.gov/pesticide-registration/list-n-disinfectants-use-against-sars-cov-2-covid-19
Centers for Disease Control and Prevention.	De nombreuses ressources, y compris sur la santé publique et des rapports de recherche	Mises à jour scientifiques, p. ex. incidence et prévalence de la maladie, transmission, résultats, risques et connaissance de la situation	https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-nCoV/index.html
American Industrial Hygiene Association (AIHA) Comité sur la qualité de l'environnement intérieur	Ressources et énoncés de consensus sur l'exposition professionnelle	Transmission par aérosol du CoV-2 du SRAS Directives sur la réouverture et l'entretien	https://www.aiha.org/public-resources/consumer-resources/coronavirus-outbreak_resources
American Industrial Hygiene Association (AIHA)	Back to work safely Directives de l'AIHA sur la COVID-19 relatives au retour au travail	Lignes directrices sur la réouverture des écoles, des lieux de travail et de nombreux lieux publics	https://www.backtoworksafely.org/
U.S. Occupational Safety and Health Administration	Guidance on Mitigating and Preventing the Spread of COVID-19 in the Workplace (janvier 2021)	Identify risks in workplaces, and identify control measures.	https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lr-re/lbl_detail-fra.php