



**VENTILATION
ET TRANSMISSION
DE LA COVID-19
EN MILIEU SCOLAIRE
ET EN MILIEU DE SOINS**

RAPPORT DU GROUPE D'EXPERTS

SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES (JANVIER 2021)

ÉQUIPE DE RÉDACTION DU MSSS

COORDINATION

M. Richard Massé, Conseiller médical stratégique

RÉDACTION

M. Richard Massé
M. Marc-André Maranda
Mme Marie Pinard

MISE EN PAGE ET RÉVISION

Mme Renée Levaque

ÉDITION

La Direction des communications du ministère de la Santé et des Services sociaux

Le présent document n'est accessible qu'en version électronique à l'adresse :
www.msss.gouv.qc.ca, section **Publications**

Le genre masculin utilisé dans ce document désigne aussi bien les femmes que les hommes.

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021
Bibliothèque et Archives Canada, 2021

ISBN : 978-2-550-88344-9 (PDF)

Tous droits réservés pour tous pays. La reproduction, par quelque procédé que ce soit, la traduction ou la diffusion de ce document, même partielles, sont interdites sans l'autorisation préalable des Publications du Québec. Cependant, la reproduction de ce document ou son utilisation à des fins personnelles, d'étude privée ou de recherche scientifique, mais non commerciales, sont permises à condition d'en mentionner la source.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
Avertissement	2
1. Généralités entourant la transmission du virus	3
1.1 Transmission du SRAS-CoV-2	3
1.2 Aérosols et SRAS-CoV-2	3
1.3 Hiérarchisation des mesures de prévention	5
2. La ventilation et ses enjeux	8
2.1 Considérations générales	8
2.2 Bâtiments/locaux avec CVCA, avec ou sans fenêtres ouvrantes	9
2.3 Bâtiments/locaux sans CVCA, avec ou sans fenêtres ouvrantes	11
2.4 Mesure de la concentration de dioxyde de carbone (CO ₂)	11
2.5 Dispositifs de filtration mobiles (ou purificateur d'air, sans sortie extérieure ou en recirculation)	12
3. Les recommandations	14
3.1 Les responsabilités relevant du réseau de la santé et des services sociaux et des réseaux scolaires	14
3.2 Les recommandations spécifiques à chaque réseau	16
3.2.1 Les réseaux de l'éducation	17
3.2.2 Le réseau de la santé et des services sociaux	19
3.3 Organisation – Recherche et suivi	20
4. Conclusion	22
Annexe 1. Mandat et composition du groupe d'experts	23
Annexe 2. Transmission par aérosols	27
Annexe 3. Mesure de la concentration de CO₂	29
Annexe 4. Propositions d'indicateurs de qualité de l'air intérieur à mesurer	31
Annexe 4.1 Paramètres de confort retenus par le ministère de l'Éducation	32
Annexe 5. Mesures du dioxyde de carbone dans les écoles du Québec – Résultats préliminaires - 23 décembre 2020	33

Avant-propos

La réalisation de ce rapport a été rendue possible grâce à la collaboration d'un groupe multidisciplinaire d'experts scientifiques et techniques réunis pour formuler des recommandations sur la ventilation et la transmission de la COVID-19 à la demande du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Le mandat et la composition du groupe d'experts sont précisés à l'annexe 1 du rapport.

D'entrée de jeu, il est essentiel de souligner l'importante contribution de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) à l'origine de deux publications intitulées respectivement « *Document d'appui au Comité consultatif sur la transmission de la COVID-19 en milieux scolaires et en milieux de soins et sur le rôle de la ventilation* » ainsi que « *Transmission du SRAS-CoV-2 : constats et proposition de terminologie* ». Ces documents présentent une revue de littérature récente sur les connaissances actuellement disponibles concernant la transmission du virus, les conditions environnementales favorables à son maintien, de même que certaines mesures de contrôle environnemental applicables aux milieux intérieurs.

Il faut aussi préciser que les travaux du groupe d'experts du MSSS sont basés sur la terminologie proposée par l'INSPQ (à l'instar de celle de plusieurs autres organisations internationales), et présentée dans les documents cités antérieurement.

Ce rapport comprend trois parties : une première section qui traite des généralités entourant la transmission du virus; une seconde qui fait état des principaux paramètres relatifs à la ventilation et aux enjeux spécifiques posés en contexte de la pandémie actuelle; et enfin une troisième partie qui expose les recommandations retenues par le groupe d'experts pour les réseaux de l'éducation ainsi que pour celui de la santé et des services sociaux.

Avertissement

Dans les deux premières parties de ce rapport, les passages en *italique* sont tirés intégralement des documents suivants :

1. *Document d'appui au Comité consultatif sur la transmission de la COVID-19, en milieux scolaires et en milieux de soins et sur le rôle de la ventilation ;*
2. *Transmission du SRAS-CoV-2 : constats et proposition de terminologie ;*
3. *Hiérarchie des mesures de contrôle en milieu de travail.*

Ces trois documents sont disponibles sur le site Internet de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) : <https://www.inspq.qc.ca/publications>.

1. Généralités entourant la transmission du virus

1.1 Transmission du SRAS-CoV-2

D'emblée, il convient de mentionner certaines généralités relatives à la transmission du SRAS-CoV-2, le virus à l'origine de l'actuelle pandémie de COVID-19.

Les connaissances actuelles permettent de dégager les éléments suivants :

- *Le SRAS-CoV-2 est transmis principalement lors de contacts rapprochés entre les personnes et prolongés durant plus de 15 minutes.*
- *Les données expérimentales et épidémiologiques disponibles soutiennent une transmission par aérosols à proximité, c'est-à-dire à moins de 2 m. Toutefois, elles suggèrent aussi qu'une transmission par aérosols à distance pourrait survenir. La distance maximale demeure imprécise mais il est peu probable que ce soit au-delà de quelques mètres.*
- *Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est augmenté dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupants, et lorsque la durée d'exposition est prolongée.*
- *La présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans l'air et de virus infectieux n'implique pas systématiquement qu'il y ait transmission par voie aérienne, tel que décrit pour la tuberculose, qui elle peut être transmise à plus grande distance en suspension dans l'air. [...] [En fait], à l'heure actuelle, aucune preuve directe ne démontre clairement le mode de transmission par voie aérienne [à grande distance] avec le SRAS-CoV-2¹.*

1.2 Aérosols et SRAS-CoV-2

Les aérosols sont définis comme des particules (de différentes dimensions généralement inférieures à 100 µm) en suspension dans l'air, potentiellement inhalables et dont le mouvement est gouverné principalement par leur taille. Ces particules peuvent être classées selon le site anatomique où elles se déposent dans les voies respiratoires, à savoir :

- Les particules nasopharyngées, qui se déposent dans le nez ou la gorge, dont la taille est égale ou inférieure à 100 µm ;
- Les particules trachéobronchiques, qui se déposent dans les bronches, de taille égale ou inférieure à 15 µm ;
- Les particules alvéolaires, qui se rendent jusqu'aux alvéoles pulmonaires, de taille inférieure à 5 µm appelées aussi microgouttelettes ou noyaux de gouttelettes ou "droplet nuclei").

¹ Anctil G, Huot C, Leclerc J.-M, Perron S, Poulin P, Document d'appui au Comité consultatif sur la transmission de la COVID-19, en milieux scolaires et en milieux de soins et sur le rôle de la ventilation, INSPQ. (à paraître)

L'INSPQ propose que le terme « aérosols » ne réfère plus à la définition – antérieurement utilisée en santé publique – de particules dont le diamètre est inférieur à 5 µm, mais plutôt à un continuum de particules (< 100 µm) pouvant se transmettre à courte ou moyenne distance. Plus encore, le terme « gouttelettes », anciennement défini comme des particules de plus de 5 µm, est dorénavant inclus dans le concept d'aérosols. Cette précision est essentielle pour comprendre les fondements sur lesquels s'appuient les mesures recommandées pour prévenir la transmission du SRAS-CoV-2. L'annexe 2 présente un texte plus explicite sur ces distinctions.

Le processus de transmission implique un émetteur de l'agent infectieux (la personne contaminée), un transmetteur/transporteur (les aérosols produits par l'émetteur) et un individu récepteur.

Le SRAS-CoV-2 associé à des aérosols de toute taille peut résister un certain temps à l'extérieur des cellules infectées, et notamment, dans les milieux intérieurs. Outre le facteur temps, certaines **conditions environnementales** du milieu intérieur peuvent favoriser le fait que le SRAS-CoV-2 soit plus ou moins transmissible, notamment : la température ambiante, l'humidité relative, les rayonnements UV, ainsi que le type de surface sur lesquelles il se dépose. De façon plus spécifique, on mentionne que :

- *Les personnes asymptomatiques et pré-symptomatiques sont contagieuses ;*
- *Le nombre de virus excrétés varie selon la phase de la maladie. Pour le SRAS-CoV-2, une méta-analyse suggère que les charges virales dans les voies respiratoires supérieures sont les plus élevées au moment de l'apparition des symptômes et pour environ une semaine après le début de ceux-ci [...]. Ainsi, le nombre de virus excrétés par les voies respiratoires semble associé aux moments où la maladie est la plus contagieuse, soit à proximité du moment de l'apparition des symptômes et deux jours avant le début de ceux-ci ;*
- *Le rôle exact de la taille des particules sur l'infectiosité n'est pas bien déterminé pour le SRAS-CoV-2. Bien que les plus petites particules aient un pouvoir de pénétration plus grand dans les alvéoles, les données actuelles ne permettent pas d'associer ceci à une plus grande infectiosité ;*
- *Selon les données expérimentales disponibles, la température contribuant à la présence de coronavirus dans l'air et sur différentes surfaces à l'abri de la lumière solaire se situerait autour de 4°C ;*
- *Les résultats de certaines études expérimentales ont montré que la sensibilité à la dégradation du SRAS-CoV-2 augmente avec la température et l'intensité de certains types de rayonnement (ex. : UVC) alors que la relation entre l'inactivation du virus et l'humidité relative de l'air ambiant ne semble pas linéaire (ou proportionnelle) ;*
- *Dans certaines conditions contrôlées, le SRAS-CoV-2 s'avère stable dans l'air, aux températures et taux d'humidité étant généralement maintenus, pendant plusieurs dizaines de minutes tout en demeurant cultivable ;*

- [Par ailleurs,] *les résultats de certaines expériences menées en milieu contrôlés laissent croire que le SRAS-CoV-2 pourrait conserver son caractère cultivable quelques jours sur certaines surfaces en milieu intérieur ;*

1.3 Hiérarchisation des mesures de prévention

Les considérations précédentes s'inscrivent dans une série de mesures de prévention (nommées mesures de contrôle ici-bas) qui font l'objet d'une hiérarchisation pouvant être utilisée à titre de cadre de référence pour la gestion des milieux intérieurs.²

Il est recommandé d'appliquer en tout temps et de manière préventive une série de mesures de contrôle de la transmission du SRAS-CoV-2 dans les milieux intérieurs. Ces mesures de contrôle présentées de façon hiérarchisée sont enchâssées dans des cadres de référence utilisés par les professionnels de la prévention des infections, de la santé publique et de la santé et de la sécurité au travail pour élaborer des mesures de lutte contre les infections. Cette hiérarchie vise à réduire les risques de transmission en organisant les méthodes de contrôle [...] en fonction de leur applicabilité en milieu populationnel et de l'efficacité potentielle de leur mise en œuvre dans différentes catégories.

Ce cadre de référence comprend respectivement quatre grandes catégories de mesures :

1. [Mesures de] *Minimisation des contacts et de leur durée ainsi que de distanciation physique*
 - *La minimisation des contacts et de leur durée, ainsi que les mesures de distanciation physique figurent au premier rang de la hiérarchie des mesures de contrôle de la transmission du virus de la COVID-19. En effet, les contacts rapprochés sont actuellement considérés davantage responsables de la transmission de la COVID-19 (c'est-à-dire les contacts physiques de personne à personne et avec les particules infectieuses expulsées par la personne contagieuse). Pour cette raison, la durée et la fréquence des contacts de même que les mesures de distanciation physique (réduction de la proximité des contacts) s'avèrent particulièrement efficaces.*
 - *Évidemment, éviter d'être en contact avec des personnes qui pourraient être infectées demeure la mesure la plus efficace (ex. : rester à la maison sans recevoir de visiteurs, faire du télétravail [ou du télé-enseignement]). Lorsqu'éviter les contacts ne s'avère pas possible, il est recommandé de réduire la densité d'occupation des lieux de manière à respecter une distance [minimale] de 2 m entre les usagers.*
 - *Toutefois, les particularités propres à chaque milieu intérieur, notamment la superficie, la configuration des lieux intérieurs ou encore les activités qui y sont pratiquées, rendent parfois la mise en place ou le maintien des mesures de distanciation difficile. [Dans de telles situations, le port du masque de procédure ou du couvre-visage est vivement recommandé.]*

² Voir : <https://www.inspq.qc.ca/publications/3022-hierarchie-mesures-contrôle-milieux-travail-covid19>

2. [Mesures] *Techniques et d'ingénierie*

- *Les mesures techniques et d'ingénierie comprennent des mesures qui, en théorie, peuvent aussi être efficaces. Parmi les mesures techniques suggérées, se trouve, entre autres, l'installation de barrières physiques (ex. : cloisons de plexiglas ou autres) permettant de séparer les travailleurs les uns des autres ainsi que de la clientèle en vue de réduire le risque de transmission liée à l'expectoration de particules infectieuses malgré la proximité. Celles-ci ne doivent cependant pas nuire à l'écoulement de l'air soutenu par le système de ventilation.*
- *En outre, l'augmentation de l'échange d'air par ventilation naturelle ou mécanique compte parmi les mesures d'ingénierie recommandées. Ainsi, une bonne ventilation des lieux (ex. : par une bonne ventilation de l'extérieur) permet d'éviter l'accumulation de particules potentiellement infectieuses dans les espaces intérieurs. Cette mesure d'ingénierie devrait toutefois être appliquée en complémentarité aux (autres) mesures.*
- *L'augmentation du changement d'air ne passe pas nécessairement par l'installation de systèmes centraux de ventilation, mais peut être atteinte par l'utilisation de ventilation d'appoint vers l'extérieur, tel qu'utilisé en zone chaude en milieu hospitalier.*
- *Dans certaines situations (ex. : débit d'air insuffisant, recirculation d'une fraction importante de l'air intérieur), les dispositifs d'épuration de l'air (ex. : filtration avec filtre HEPA ou « high-efficiency particulate air filter ») [...] pourraient offrir des moyens alternatifs ou complémentaires pour réduire la charge infectieuse présente dans l'air intérieur. Malgré leur relative efficacité théorique, les contraintes d'implantation, d'utilisation et d'entretien de telles mesures doivent toutefois être considérées.*
- *[Cependant,] il n'est pas recommandé d'apporter des modifications aux températures et aux taux d'humidité relative généralement maintenus en milieu intérieur selon l'état actuel des connaissances. Il est encore recommandé de maintenir ces paramètres à l'intérieur des plages jugées acceptables par les organismes reconnus³.*

3. [Mesures] *Administratives*

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

³ *Op.cit.*

poignées de porte, interrupteurs, comptoirs, rampes d'escalier, boutons d'ascenseurs, téléphones cellulaires, etc.).

4. [Mesures] *De protection individuelle*⁴

- *Finalemment, l'adoption d'une méthode de protection individuelle tel que le port du masque médical et de la protection oculaire constitue une mesure supplémentaire qui pourrait contribuer à réduire davantage le risque de transmission en plus des mesures déjà mises en place. Les mesures de protection individuelle ne doivent toutefois pas se substituer aux autres mesures de prévention.*

Aucune de ces catégories ne devrait être mise en œuvre de façon isolée, mais plutôt de façon combinée avec d'autres mesures, de manière à offrir une protection à paliers multiples.

En effet, plusieurs organismes reconnus, dont l'Agence de santé publique du Canada (ASPC), recommandent d'appliquer plusieurs mesures de contrôle de différents niveaux d'efficacité afin d'optimiser le potentiel d'atténuation des risques de transmission et de remédier à la difficulté de mettre en place ou de maintenir certaines mesures de distanciation. Par ailleurs, les mesures de contrôle ne visent pas toutes les mêmes voies de transmission.

En somme, tel que mentionné, le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est augmenté dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate (voir annexe 3), à forte densité d'occupants et lorsque la durée d'exposition est prolongée. Les données démontrent que la transmission lors de contacts rapprochés, à moins de 2 m de distance, demeure la principale voie de transmission. Toutefois, ces dernières suggèrent aussi qu'une transmission par aérosols à plus grande distance pourrait survenir.

Bien que la transmission par aérosols à plus grande distance soit moins importante, sauf dans certaines situations où ceux-ci sont augmentés, les mesures de prévention détaillées ci-dessous prennent une importance très significative.

Ainsi, outre les mesures de base telles que le respect de l'hygiène des mains et de l'étiquette respiratoire, de même que le nettoyage et la désinfection des surfaces et des objets, il s'avère essentiel d'assurer :

- La réduction des contacts avec des personnes qui pourraient être infectées (dépistage, isolement des cas, recherche des contacts et réduction du nombre de personnes dans un même lieu fermé, classe ou chambre) ;
- La réduction du nombre de contacts et leur durée (ex. : télétravail ou télé-enseignement) ;
- La distanciation physique entre les personnes (ex. : gestion stricte des distances) ;
- L'installation de barrières physiques (ex. : cloisons de plexiglas ou autres) ;

⁴ *Op. cit.*

- L'adoption de mesures de protection individuelle (pour se protéger des autres) et populationnelle (pour protéger les autres), tels que le port du masque de procédure ou du couvre-visage (de qualité) et de la protection oculaire.

De plus, une bonne ventilation des lieux et l'augmentation des apports en air frais, tant par l'entremise de la ventilation naturelle que mécanique, comptent parmi les mesures recommandées en association avec les mesures ci-haut mentionnées (voir section 1.3). Dans certains contextes en milieux de soins (ex. : en dentisterie), des dispositifs portatifs d'épuration de l'air (ex. : filtration HEPA) pourraient aussi offrir un moyen complémentaire pour réduire la charge infectieuse présente dans l'air intérieur, compte tenu de la possibilité d'identifier la source.

2. La ventilation et ses enjeux

2.1 Considérations générales

Il importe d'abord de considérer certains aspects en lien avec le rôle que peut jouer la **ventilation** dans la réduction des risques associés à la transmission de la COVID-19. Ainsi, on peut retenir les généralités suivantes :

- *La ventilation consiste à [amener de l'air neuf, préfiltrer et filtrer l'air (chauffer et humidifier l'air), diluer les contaminants] extraire l'air intérieur vicié d'un milieu donné et à diluer les contaminants s'y trouvant en introduisant de l'air en provenance de l'extérieur [...] (et/ou en filtrant l'air recirculé) ;*
- *La ventilation des milieux intérieurs peut être effectuée à l'aide de systèmes mécaniques ou encore par l'entremise de fenêtres (ou d'autres types d'ouvertures permettant l'aération naturelle [...]) ;*
- *Il est généralement admis qu'une ventilation adéquate des milieux intérieurs constitue une mesure de gestion efficace des contaminants de l'air intérieur. En effet, les systèmes de ventilation mécanique peuvent contribuer à extraire et à diluer les gaz et les particules fines ou autres contaminants en suspension dans l'air ;*
- *Les systèmes de ventilation doivent être bien conçus, bien installés, bien entretenus et bien utilisés afin d'être efficaces ;*
- *Dans la majorité des bâtiments, la capacité d'aspiration des systèmes de ventilation n'est pas suffisante pour capter les gouttes dans l'environnement intérieur, lesquelles tendent rapidement à retomber au sol ;*
- *Aucun cas de transmission du SRAS-CoV-2 par l'entremise des conduits d'un système de ventilation centralisé n'a encore été (clairement) documenté⁵ ;*

⁵ Un seul article récent qui semble cependant comporter des limites importantes, établit que la transmission s'est faite via les conduits de ventilation. Hwang SE, Chang JH, Bumjo O, Heo J. *Possible Aerosol Transmission of COVID-19*

- *Les stratégies d'atténuation du risque relevant de l'ingénierie (dont le maintien d'une ventilation efficace) devraient être mises en place en complémentarité avec les autres mesures de protection telles que les mesures de distanciation physique, de minimisation des contacts et de respect de l'étiquette respiratoire* ⁶.

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

En milieu scolaire et en milieu de soins, compte tenu du caractère essentiel et particulier des activités qu'on y exerce, la question de la conception, de l'installation, de l'utilisation et de l'entretien des systèmes de ventilation en place revêt une importance particulière.

D'entrée de jeu, on distingue deux situations de base au regard de la ventilation d'un milieu intérieur donné :

- Les bâtiments avec système de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air (CVCA) avec ou sans fenêtres ouvrantes ;
- Les bâtiments sans CVCA, avec ou sans fenêtres ouvrantes.

2.2 Bâtiments/locaux avec CVCA, avec ou sans fenêtres ouvrantes

En période de pandémie, l'application de certaines mesures de gestion en lien avec la ventilation prend encore plus d'importance. Ainsi, il est nécessaire de se rappeler des balises présentées par l'INSPQ :

- *Veiller à ce que toute intervention menée sur un système de ventilation mécanique soit précédée d'une évaluation de ses différentes composantes par un professionnel compétent ;*
- *Lorsqu'une proportion significative de l'air est recirculée, il est recommandé d'ajouter, si possible, au système de ventilation en place un filtre à haute efficacité, de type MERV 13* ou plus ("Minimum efficiency reporting value filter"). Cette mesure d'atténuation demeure toutefois souvent difficile à appliquer dans les systèmes et les unités de ventilation en place en raison, notamment, de la restriction qu'elle engendre dans un dispositif*⁷.

De plus, le groupe d'experts souligne l'importance de :

Associated with an Outbreak in an Apartment in Seoul, South Korea, 2020. Int J Infect Dis. 2020 Dec 17 : [https://www.ijidonline.com/article/S1201-9712\(20\)32558-3/fulltext](https://www.ijidonline.com/article/S1201-9712(20)32558-3/fulltext)

⁶ *Op.cit.*

⁷ Dans les cas d'unités de soins critiques où nous retrouvons la production d'aérosol, nous recommandons même d'utiliser une filtration de type HEPA

- *Si le système de ventilation en place le permet, optimiser la ventilation des lieux en augmentant les débits d'apports d'air frais et d'extraction d'air vicié ;*
- *Éviter si possible de maintenir certaines stratégies d'économie d'énergie (ex. : ventilation sur demande contrôlée par une minuterie ou par la concentration de CO₂) afin de favoriser une ventilation plus soutenue des lieux⁸ ;*
- *Éviter d'arrêter complètement les systèmes de ventilation lorsque les occupants n'y sont pas et maintenir un niveau de ventilation minimal en continu. Cette stratégie d'arrêt des systèmes était souvent associée à des mesures typiques d'économie d'énergie, mais doit être revue en contexte de pandémie ;*
- *Ou minimalement mettre en marche les systèmes de ventilation mécaniques des écoles au moins deux heures avant l'ouverture des salles de classe et arrêter les systèmes au moins deux heures après la fermeture des écoles ;*

Les organismes compétents⁹ en la matière recommandent également de mettre en application les éléments suivants :

- *Il faut assurer l'entretien régulier des systèmes de ventilation mécanique ;*
- *Il faut veiller à ce que les registres et les grilles de ventilation (insufflation d'air frais et de sortie d'air viciée), incluant la prise d'air extérieur, ne soient pas obstrués par des objets ou des accumulations excessives de poussières ou d'autres détritiques ;*
- *Il faut vérifier le bon fonctionnement de toutes les composantes mécaniques et électriques du système ;*
- *Il faut s'assurer de la propreté des filtres en place, ou de leur remplacement, le cas échéant (pour ne pas dépasser la capacité de rétention des filtres) ;*
- *Il faut surveiller activement, le cas échéant, le logiciel de contrôle du ou des systèmes mécaniques de ventilation ;*
- *Si possible, afin de faciliter la surveillance des CVCA, il serait souhaitable de mettre en place un système centralisé de surveillance du bâtiment (BMS : "Building Management System") pour évaluer en temps réel l'état de fonctionnement des systèmes. Bien entendu cette mesure est coûteuse et parfois complexe à mettre en œuvre et constitue ainsi une mesure souhaitable, mais pas obligatoire ;*
- *Enfin, comme les informations actuellement disponibles dans la littérature indiquent qu'il semble peu probable que le virus conserve son pouvoir infectieux à travers les systèmes de ventilation, il n'est pas considéré nécessaire d'appliquer des mesures supplémentaires de désinfection des conduits de ventilation¹⁰.*

⁸ *Op. cit.*

⁹ *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), Haut Conseil de la santé publique (HCSP), Federation of European Heating Ventilation and Air -Conditioning Associations (REHVA) et le Centre for Disease Control and Prevention (<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>)*

¹⁰ *Op. cit.*

2.3 Bâtiments/locaux sans CVCA, avec ou sans fenêtres ouvrantes

Pour les écoles ventilées naturellement :

- Ouvrir les fenêtres au moins 30 minutes avant l'ouverture des salles de classe et les laisser ouvertes, ainsi que les portes, au moins 30 minutes après les classes.
- Mettre en place une routine pour s'assurer de fermer toutes les fenêtres après ce temps d'aération ;
- Laisser les portes des salles de classe ouvertes le plus souvent possible ;
- Profiter des périodes entre les cours pour ouvrir les fenêtres au maximum et les portes pendant environ 5 minutes et ce, même en période hivernale ;

En milieu de vie, où les occupants sont présents 24 h/24, la période et le temps d'ouverture des fenêtres dépendra du temps de présence des résidents et de leur nombre dans la pièce ou le local concerné.

Par ailleurs, si une pièce, un local ou une chambre occupée par plusieurs personnes n'est pas desservie par un système de ventilation mécanique ou ne dispose pas de moyen de ventilation naturelle (fenêtre ou porte), celle-ci ne doit pas être utilisée pour des activités continues, mais pourrait servir à d'autres fins (ex. : rangement ou autres).

Selon la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST), tous les milieux de travail incluant les milieux scolaires doivent bénéficier d'une ventilation adéquate, soit un minimum de renouvellement d'air par heure dans les locaux utilisés (RSST, article 101).¹¹ Par ailleurs, en milieu de soins, des normes minimales de ventilation sont exigées en fonction du lieu et du type d'utilisation (ex. : six changements d'air/h comme norme de base dans les chambres avec patients).¹² De plus, des recommandations spécifiques existent aussi pour les écoles, les classes, et les corridors.¹³ Toutefois, ces recommandations pourraient être révisées considérant la pandémie actuelle.

2.4 Mesure de la concentration de dioxyde de carbone (CO₂)

L'observation de concentrations de CO₂ dans un environnement intérieur donné indiquent si la ventilation est suffisante ou non pour rencontrer les prescriptions de ventilation minimales pour le bien-être des occupants (voir annexe 3).

¹¹ <http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/pdf/cr/S-2.1,%20R.%2013.pdf>

¹² <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2011/11-610-05W.pdf>

¹³ Ministère de l'Éducation, Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires, Octobre 2020 (mise à jour).

http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/reseau/qualite_air_reference_s.pdf

Les concentrations de CO₂ généralement rencontrées dans des locaux, tels que des classes d'écoles, ne présentent pas de risques directs sur la santé des occupants, mais peuvent suggérer la nécessité d'améliorer la ventilation dans les locaux concernés. En effet, une ventilation inadéquate de ces milieux peut rendre les salles de classes inconfortables et avoir un impact sur la productivité des élèves. Un tel déficit de ventilation, c'est-à-dire à des taux en deçà des prescriptions minimales édictées par règlement ou standard, peut également se traduire en une accumulation concomitante de certains contaminants de l'air intérieur.

Bien qu'il existe des valeurs seuil pouvant guider une prise de décision à l'égard du besoin d'augmenter (ou non) l'aération ou le taux de ventilation des lieux, l'évaluation de l'efficacité et du nombre de changement d'air à l'heure dans un espace donné requiert davantage d'information qu'une simple mesure ponctuelle de CO₂.

L'appareil servant à évaluer les concentrations de CO₂ peut indiquer, selon le type de dispositif utilisé, des mesures en parties par million (ppm) ou en pourcentage de volume. Le bon calibrage de l'appareil est très important pour effectuer des mesures justes et valides ; il est donc primordial de le faire calibrer par une compagnie spécialisée selon la fréquence recommandée par le fabricant. Il faudra ajouter cette fréquence dans le calendrier d'entretien préventif.

Ce type d'évaluation technique nécessite non seulement la saisie de mesures complémentaires (ex. : volume de la pièce, nombre d'occupants par pièce, durée d'occupation, niveau d'activité des occupants, concentrations de CO₂ à l'extérieur), mais peut également nécessiter la prise d'une série de mesures dans le temps selon le protocole appliqué (annexe 4).

Il est particulièrement important de planifier soigneusement la stratégie d'échantillonnage puisqu'une interprétation inadéquate des mesures obtenues peut entraîner des conséquences, notamment sur l'évaluation de la situation et sur les mesures correctives à déployer. Il existe déjà des guides à cet effet, tant dans le réseau de la santé que dans ceux de l'éducation. Il est essentiel qu'ils soient connus, mis à jour et mis en application rigoureusement. Citons à titre d'exemple le *Guide de qualité de l'air intérieur dans les établissements du réseau de la Santé et des Services sociaux* (MSSS, 2011)¹⁴

2.5 Dispositifs de filtration mobiles (ou purificateur d'air, sans sortie extérieure ou en recirculation)

Dans certains contextes, on pourrait parfois considérer l'ajout de dispositifs de filtration mobiles avec filtre HEPA (également nommés purificateurs d'air), à titre de mesure de protection

¹⁴ <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2011/11-610-05W.pdf>

complémentaire à la ventilation lorsque celle-ci n'est pas suffisante et qu'il ne s'avère pas possible de l'optimiser.

Ces dispositifs ne sont (cependant) pas en mesure de contrer la transmission du SRAS-CoV-2 par le biais de contacts rapprochés avec une personne infectée, soit le principal mode de transmission reconnu. De plus, lorsque la ventilation est adéquate, ces dispositifs sont inutiles et même potentiellement risqués, pouvant nuire au bon fonctionnement des systèmes de ventilation en place. Enfin, ils peuvent générer des courants d'air importants qui peuvent être problématiques, notamment en favorisant la dispersion d'aérosols de plus grande taille à distance et l'altération des flux d'air si un système de ventilation mécanique est déjà en place.

Ceci dit, dans des circonstances où la ventilation est inadéquate (voir annexe 4.1), l'utilisation de dispositifs de filtration mobiles peut être envisagée, tout en considérant que :

- *L'efficacité des dispositifs de filtration d'air mobiles ou portables dépend de nombreux facteurs, lesquels peuvent s'avérer être autant de contraintes à prendre en compte.* L'efficacité des dispositifs de filtration n'a pas été démontrée au regard de la transmission de maladies infectieuses en milieux résidentiels ou institutionnels. Ainsi il n'est pas possible de savoir si l'utilisation de tels dispositifs permet une diminution de la transmission d'agents pathogènes qui pourraient se transmettre par aérosols.
- *La capacité du dispositif d'épuration à réduire les concentrations de particules virales de l'air intérieur d'un volume donné doit être prise en compte.* Ces dispositifs peuvent aussi créer des flux d'air directionnels qui sont à risque pour les personnes exposées. Par ailleurs, ces dispositifs sont moins efficaces lorsqu'installés dans une grande pièce où les sources de particules potentiellement infectieuses sont diffuses ou éloignées.
- *L'emplacement des dispositifs d'épuration et de leurs composantes doit être déterminé avec circonspection par un professionnel compétent (pour générer un patron d'écoulement de l'air au périmètre de la pièce).*
- *L'entretien des dispositifs de filtration (mobiles) et de leurs composantes, et plus particulièrement des filtres, est un déterminant de premier plan à considérer pour assurer le maintien de leurs performances optimales à plus long terme.*
- *Il demeure important de gérer convenablement le flux d'air sortant de ces appareils en s'assurant notamment que celui-ci ne soit pas dirigé vers le visage des occupants.*
- *Dans certains contextes, tel que celui associé à l'enseignement scolaire, le bruit généré par les appareils de filtration peut représenter une contrainte qui doit être prise en considération¹⁵.*

Finalement, certaines technologies potentiellement utilisées pour épurer l'air pourraient elles-mêmes générer des particules fines, de l'ozone ou d'autres substances chimiques indésirables et ainsi affecter la qualité de l'air intérieur.

¹⁵ Op. cit.

En somme, si la ventilation est inadéquate, l'utilisation de dispositifs de filtration mobiles pourrait être potentiellement considérée comme une mesure *ad hoc* de protection complémentaire à la ventilation, entre autres, pour réduire la charge virale dans l'air à proximité du lit d'une personne infectée ou dans certaines situations de soins lorsqu'il n'est pas possible d'atteindre le nombre d'échange d'air requis.

3. Les recommandations

Le groupe d'experts établit, comme prémisses, que la question de la ventilation, considérée particulièrement en situation de pandémie et plus précisément dans les réseaux de l'éducation et dans celui de la santé et des services sociaux, est une responsabilité partagée entre différents acteurs. Le propriétaire ou le gestionnaire d'un immeuble est responsable de l'entretien des lieux, incluant l'entretien des systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air (CVCA). Il lui appartient d'assurer un milieu de vie sain et sécuritaire à ceux et celles qui y séjournent, qui l'occupent ou qui y travaillent. Par ailleurs, il faut considérer l'application d'une ventilation adéquate (mécanique ou naturelle) comme un complément aux mesures de santé publique de base, celles dont les autorités sanitaires font la promotion depuis le début de cette pandémie : la réduction du nombre de contacts, la distanciation physique, le port du masque, le lavage des mains, etc. Enfin, les systèmes de ventilation, leur installation, leur fonctionnement autant que leur entretien commandent une expertise technique et un encadrement normatif doivent être considérés.

Les recommandations sont présentées en trois sections : 1) les responsabilités relevant du réseau de la santé et des services sociaux et des réseaux scolaires ; 2) les recommandations spécifiques à chacun des réseaux ; et enfin, 3) les propositions de suivi des recommandations de ce rapport.

3.1 Les responsabilités relevant du réseau de la santé et des services sociaux et des réseaux scolaires

La toute première recommandation de ce rapport repose sur le constat que les connaissances relatives à la situation de la ventilation des bâtiments des différents réseaux pourraient être améliorées, notamment pour les personnes qui doivent y séjourner, que ce soit de façon temporaire ou permanente, pour y recevoir des services ou des soins, ou pour y travailler. Particulièrement en période de pandémie, cette situation s'avère difficilement acceptable, alors qu'il est essentiel d'obtenir des informations rapidement pour corriger adéquatement des situations potentiellement néfastes pour des personnes.

En conséquence, le groupe d'experts recommande que :

1. Soit respectées les exigences de renouvellement d'air par heure spécifiées dans la LSST pour tous les milieux de travail.
2. Tous les établissements publics et privés (écoles et institutions scolaires) ainsi que tous les établissements et installations du réseau de la santé et des services sociaux procèdent à un inventaire exhaustif des systèmes de ventilation dont ils disposent.
3. Des inspections des systèmes de ventilation, de même que des prises de mesures de CO₂ et autres paramètres dans les locaux, soient faites annuellement, idéalement avant la saison froide dans tous les bâtiments, (à l'instar des inspections pour les systèmes de chauffage).
4. Dans les locaux pour lesquels les concentrations de CO₂ sont élevées, soit corrigée rapidement la situation et qu'un monitoring systématique soit effectué.
5. L'information ainsi colligée, mise à jour et validée puisse être rendue accessible dans la perspective de réalisation de bilans et d'information à la population.
6. Soit créé un registre provincial des équipements en place dans les divers types d'établissements, notamment sur la base des informations disponibles dans les inventaires locaux et que ce registre soit rendu accessible pour des fins de recherche et d'évaluation.

Des situations relativement préoccupantes ont été portées à l'attention du groupe d'experts et soulèvent plusieurs questions relatives à la conception, à l'installation, au fonctionnement ainsi qu'à l'entretien des systèmes de ventilation. De plus, le peu d'information accessible aux personnes responsables des CVCA des différentes installations quant à l'impact de la ventilation sur la transmission de différents virus par voie aérienne a été signalé. Enfin, la pandémie a révélé que la population est préoccupée par la qualité de l'air des édifices publics notamment dans le réseau de la santé et ceux de l'éducation et qu'une information juste et accessible constitue un besoin de plus en plus affirmé.

Pour ces milieux, le groupe d'experts recommande par conséquent que :

7. Soient rapidement développés ou mis à jour, et rendus disponibles aux responsables des services techniques des installations, des guides de bonnes pratiques en matière de ventilation (mécanique et naturelle) et des principales règles à suivre en contexte d'éclosion dans les différents milieux.

Des guides existent et sont en usage à l'intérieur des réseaux publics^{16,17}. Ils font état de recommandations que les responsables des bâtiments doivent connaître pour s'acquitter de leur tâche. À la lumière de l'actuelle pandémie et compte tenu de l'évolution des connaissances en matière de transmission des virus, une mise à jour de ces guides est recommandée, en y consacrant une attention particulière à la prévention et au contrôle des risques infectieux.

3.2 Les recommandations spécifiques à chaque réseau

Le mandat conféré au groupe d'experts concerne précisément les *besoins et enjeux reliés à la ventilation et à la qualité de l'air intérieur dans les différents bâtiments du réseau de la santé et des réseaux scolaires publics*¹⁸. Bien que le mandat fasse référence aux deux secteurs, chacun possède des caractéristiques qui lui sont propres et qui le distinguent. Le terme même de réseau prend un sens différent. Ainsi on parle du réseau de la santé et des services sociaux pour désigner l'ensemble des **organisations** qui offrent, de façon intégrée, des soins et des services à la population. On parle des réseaux scolaires en faisant la distinction entre les différents **niveaux** : primaire, secondaire, collégial, universitaire. Le système de gouverne de chacun est structuré en fonction de ces différentes caractéristiques. Plus importantes encore sont les distinctions existantes entre les missions. Alors que les **écoles** sont des milieux d'acquisition de connaissances et d'apprentissage, les **établissements** du réseau de la santé et des services sociaux sont majoritairement concentrés sur les soins et services aux personnes vulnérables.

Les établissements, les infrastructures, les technologies et les bâtiments diffèrent d'un secteur à l'autre. On distingue aisément la spécificité d'une salle de classe et celle de la chambre qu'occupe une personne dans un CHSLD ou la chambre d'une personne qui séjourne momentanément dans un Centre hospitalier. L'espace n'est pas le même, non plus que le nombre de personnes qui y circulent, la proximité qu'on y retrouve ou les ressources humaines qui y sont affectées. Il en va de même de la qualité de l'air et des conditions de ventilation qu'on doit y maintenir ainsi que de l'encadrement normatif qui sert de référence. Toutes ces raisons conduisent le groupe d'experts à considérer de façon distincte les recommandations à l'intention des deux secteurs. Toutefois, il est évident que ce qui est recommandé pour les réseaux publics devrait également être retenu comme balises pour tous les établissements privés à clientèles comparables. On doit par ailleurs réitérer que, peu importe le secteur et tout particulièrement en période de pandémie ou lors d'une éclosion, les mesures de ventilation doivent être considérées comme des compléments et ne peuvent se substituer aux mesures préventives individuelles de base (réduction des contacts, distanciation, port du masque, lavage des mains).

¹⁶ Voir note 16

¹⁷ http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/reseau/rapport-qualite-air.pdf

¹⁸ Voir annexe 1 : Mandat et composition du groupe d'experts

3.2.1 Les réseaux de l'éducation

Une analyse très récente du ministère de l'Éducation¹⁹ qui fait état des données pour 330 bâtiments et 1 369 classes (44 % ventilées naturellement et 56 % mécaniquement), conclut « que les niveaux de CO₂ dans les échantillons obtenus s'avèrent en général satisfaisants, selon les normes en vigueur. [...] [En effet,] 93,6 % des taux de CO₂ mesurés dans les classes analysées sont acceptables, c'est-à-dire qu'un taux de CO₂ inférieur à 1500 ppm a été mesuré. »

« On a cependant observé des valeurs supérieures à 2 000 ppm dans 42 classes (3 % du total), sur une ou plusieurs des mesures de CO₂. Parmi celles-ci, il y a 8 écoles ventilées mécaniquement et 34 écoles ventilées naturellement. »

Le ministère de l'Éducation utilise un certain nombre de paramètres qui fixent les limites à respecter pour statuer sur la qualité de l'air dans les salles de classe, identifier les problèmes et mettre en place des actions correctives, le cas échéant. L'annexe 4.1 présente le tableau de ces paramètres et les limites à respecter en fonction du type de ventilation. On peut les rappeler pour convenir de l'importance de les considérer : la température (°C), l'humidité relative (%), le taux de CO₂ (en ppm) à divers moments de la journée, et le nombre de changements d'air par heure.

En milieu scolaire, on peut d'abord estimer qu'un système de ventilation mécanique, bien entretenu et fonctionnant selon les normes en vigueur²⁰ n'a pas besoin d'ajout d'équipements supplémentaires. On peut donc y mener des activités normales d'enseignement tout en respectant les consignes de base de santé publique.

¹⁹ Voir annexe 5 : Mesure du dioxyde de carbone dans les écoles du Québec – Résultats préliminaires en date du 23 décembre 2020, MÉQ.

²⁰ Voir note 15

Le groupe d'experts recommande :

8. D'ouvrir, si possible, les fenêtres et les portes 30 minutes avant le début des classes et 30 minutes après les classes. Mettre en place une routine pour s'assurer de la fermeture de toutes les fenêtres après l'aération quotidien des classes.
9. De laisser les portes des salles de classe ouvertes le plus souvent possible.
10. De profiter des périodes entre les cours pour ouvrir les fenêtres au maximum et les portes pendant environ 5 minutes.

Dans les salles de classes qui ne peuvent être ventilées mécaniquement ou naturellement, ou encore lorsqu'il y a une carence de ventilation, la question est plus complexe et exige qu'on prenne en considération une série de facteurs externes dont les conditions climatiques, la collaboration du personnel et le confort des usagers.

Considérant l'examen des différentes technologies disponibles et les informations les plus récentes quant à la transmission du SRAS-CoV-2, dans les situations où la ventilation est absente ou déficiente dans un local (voir annexe 4.1) :

Dans les salles de classes sans ventilation mécanique ou naturelle, ou encore lorsqu'il y a un manque de ventilation, le groupe d'experts recommande :

11. D'éviter d'utiliser, si possible, ces locaux, où il n'existe pas de possibilités d'apport d'air frais extérieur, comme salles de classe et de changer l'usage de ces locaux, afin de ne pas y permettre une occupation par un groupe d'élèves.
12. Toutefois, si pour une raison de force majeure, un tel local devait être occupé par des personnes, un tel usage devra être temporaire et les mesures ci-dessous devront être mises en œuvre :
 - Respecter toutes les consignes sanitaires de base comme le port du masque ou du couvre-visage et la distanciation physique ;
 - Diminuer significativement le nombre de personnes dans le local ;
 - Garder la porte du local ouverte en tout temps ;
 - Enfin, évaluer la possibilité d'installer un appareil mobile d'extraction d'air ou un échangeur d'air pour augmenter l'apport d'air.

Par ailleurs, le groupe d'experts ne recommande pas l'utilisation de dispositifs de filtration mobiles (ou purificateurs d'air) en milieu scolaire, en raison : 1) de leur efficacité non démontrée à ce jour pour contrer la transmission de maladies par aérosols (tuberculose ou autre) ; 2) de leur efficacité réduite dans une grande pièce (comme une classe où les sources de particules

potentiellement infectieuses sont diffuses ou éloignées ; 3) du risque d'une utilisation inappropriée (génération possible de flux d'air porteur d'aérosols) ; et 4) du bruit qu'ils produisent qui pourraient nuire à la concentration.

Si, exceptionnellement, une école souhaitait installer de tels dispositifs, elle devrait obligatoirement avoir l'autorisation d'experts qualifiés en la matière. Ceux-ci devront également s'assurer de leur installation adéquate et de leur bon fonctionnement.

Enfin, le groupe d'experts tient à souligner que l'amélioration des systèmes de ventilation dans les infrastructures à développer et à améliorer doit être partie intégrante des plans d'action qui sont à être élaborés à partir de maintenant.

3.2.2 Le réseau de la santé et des services sociaux

La question de la ventilation se pose quelque peu différemment dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux. Si les mêmes règles de base (réduction du nombre de contacts, distanciation physique, port du masque, lavage des mains) s'appliquent, il existe en plus des pratiques de prévention des infections et des normes de qualité de l'air qui sont de nature à atténuer certaines situations.

De nouveau à ce chapitre, la documentation et l'inventaire des systèmes de ventilation en place ainsi que celui des lieux ventilés naturellement s'avère hautement pertinent. L'efficacité de la ventilation se mesure selon plusieurs paramètres, notamment des lectures de CO₂, de température et d'humidité ambiante, ainsi que par le calcul du nombre de changements d'air par heure.

Cette évaluation, faite en fonction des règles de l'art (selon les guides en usage) doit s'effectuer en donnant la priorité aux zones en éclosion et aux unités où sont hébergés les usagers 24 h/24. Les guides contiennent en général un calendrier d'entretien préventif utile pour s'assurer d'une bonne qualité de l'air et d'une ventilation adéquate, qu'elle soit mécanique ou naturelle. Par ailleurs, les projets annuels de maintien des actifs doivent être planifiés de façon à prioriser ceux qui offrent un potentiel d'amélioration ou même l'installation de système de ventilation mécanique dans les milieux de soins et de vie tout comme dans les réseaux de l'éducation.

Si un lieu ne répond pas aux exigences de ventilation, il faut mettre en place un plan de mitigation temporaire qui soit effectif à plus long terme.

Le groupe d'experts recommande que :

13. En premier lieu, lors d'une situation critique (ex. : éclosion en milieu de soins ou en milieu de vie), pour les locaux mal ventilés mais devant être utilisés, soit installé un appareil mobile d'extraction d'air ou mis en place d'un échangeur d'air pour augmenter l'apport d'air.

En dernier recours, si la ventilation est inadéquate, l'installation de dispositifs de filtration mobiles (purificateurs d'air), sous supervision d'experts du réseau en la matière, pourrait être potentiellement considérée comme une mesure *ad hoc* de protection complémentaire à la ventilation, entre autres, pour réduire la charge virale dans l'air à proximité du lit d'une personne infectée ou dans certaines situations de soins lorsqu'il n'est pas possible d'atteindre le nombre d'échange d'air requis.

Notons que tant dans le réseau de la santé que dans les réseaux de l'éducation, la personne qui aura la responsabilité d'effectuer le changement de filtre HEPA devra revêtir des équipements de protection individuelle et l'exécuter de manière sécuritaire. Une modification à un système de ventilation ou à une installation de ventilation d'appoint doit être évaluée et effectuée par un professionnel compétent en la matière. Par ailleurs, il faut être bien conscient que tout changement dans la ventilation, même mineur en apparence, peut affecter l'ensemble et causer des effets indésirables.

3.3 Organisation – Recherche et suivi

Les recommandations qui précèdent font référence à des actions pouvant être entreprises à court terme dans le contexte exceptionnel de la pandémie de COVID-19. De ce rapport découlent aussi des actions à mettre en œuvre à plus long terme, actions issues de la réflexion initiée lors de la présente démarche. Un souci de suivi de l'ensemble des recommandations fait également partie des suites envisagées pour le rapport.

Pour assurer l'implantation des recommandations de ce rapport et à la coordination des actions à initier dans le domaine de la ventilation et de ses impacts potentiels :

Le groupe d'experts recommande que :

14. Soit créé un comité interministériel, réunissant les principaux partenaires et acteurs du domaine, pour examiner les enjeux induits par la propagation de contaminants dans l'air ambiant des bâtiments avec l'objectif de proposer des actions à implanter dans une perspective à plus long terme.
15. Soit ajoutée l'évaluation des dispositifs de filtration mobiles.

Ce comité multidisciplinaire devrait être constitué d'experts en santé publique (prévention et contrôle des infections), en toxicologie, en hygiène, en génie des bâtiments et des systèmes de ventilation (architectes, ingénieurs, équipementiers), de chercheurs, gestionnaires de différentes organisations notamment la Régie du bâtiment du Québec (RBQ). Le comité appuiera entre autres ses travaux et propositions sur les résultats d'analyse comparative à l'échelle internationale. Enfin, ce comité pourra aussi avoir comme mandat de revoir les principes et les normes actuelles qui permettront éventuellement d'amender le Code du bâtiment, le cas échéant.

La question de la qualité de l'air dans les bâtiments devra vraisemblablement faire l'objet d'une attention particulière au niveau des politiques publiques maintenant que nous en savons un peu plus sur les modes de transmission des virus et la capacité de différentes technologies pour en diminuer la propagation.

Cette démarche est d'ailleurs un des préalables à des modifications législatives qui pourraient être apportées. Dans cette perspective :

Le groupe d'experts recommande que :

16. Soit bonifié le volet de qualité de l'air dans la Politique gouvernementale de prévention en santé (PGPS).
17. Soit développé un plan d'actions préventives en qualité de l'air.
18. Soit mis sur pied un système de veille sur les pratiques et recherches réalisées ici et ailleurs dans le monde.

La démarche du groupe d'experts a fait ressortir de façon évidente la nécessité d'accroître les connaissances dans ce domaine et d'en assurer le partage entre divers champs d'expertise et de compétence. On ne peut que souhaiter en assurer la poursuite compte tenu des enjeux en présence pour l'avenir. C'est pourquoi :

Le groupe d'experts recommande que :

19. Soit créé un programme de recherche, soutenu par les organismes subventionnaires québécois, visant le développement des connaissances sur le chauffage, la ventilation et le conditionnement de l'air et leur incidence sur la qualité de l'air et la santé.

L'objectif d'une telle recommandation est d'appuyer la prise de décision par des études expérimentales et épidémiologiques sur l'efficacité des différentes mesures touchant tant l'entretien des bâtiments, que la conception des systèmes mécaniques, leur entretien et leur exploitation pour prévenir la transmission des agents pathogènes et sur les problèmes respiratoires en lien avec la qualité de l'air intérieur. Des simulations mathématiques en milieux

intérieurs occupés, basées sur des données actuelles selon le type d'occupation pourraient y être développées afin de dégager les mesures à mettre en place dans les différents types de bâtiments.

Dans le contexte où des dispositifs de filtration mobiles seraient déployés dans des établissements, l'efficacité de ces appareils devrait aussi faire l'objet d'une évaluation par des équipes de chercheurs expérimentés.

4. Conclusion

On débat de la question de la ventilation dans les bâtiments publics et de ses impacts sur la santé depuis une vingtaine d'années chez les experts de divers champs de connaissances. Il fallait bien cette pandémie pour ramener la question aux premiers rangs de l'agenda public, particulièrement dans les réseaux de la santé et de services sociaux et dans ceux de l'éducation.

Les recommandations formulées par le groupe d'experts pour guider l'action gouvernementale visent principalement à adapter la gestion de la ventilation et de la qualité de l'air à l'évolution des connaissances en matière de transmission des aérosols et, par voie de conséquences, la transmission du SRAS-CoV-2, le virus responsable de la COVID-19. Le groupe d'experts n'a pas la prétention de mettre un terme aux débats. Les connaissances vont continuer d'évoluer et l'offre de systèmes à se développer.

Cette façon de traiter de la ventilation, de ses impacts sur la qualité de l'air et sur la santé est celle recommandée actuellement par la plupart des autorités en matière de santé publique, dont l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), les *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) américains et l'Agence de santé publique du Canada (ASPC).

Annexe 1. Mandat et composition du groupe d'experts

Il a été convenu de rapidement mettre sur pied un groupe d'experts scientifiques et techniques, afin d'actualiser à brève échéance la position sur l'incidence de la ventilation et de la qualité de l'air sur la propagation du virus. Aussi le groupe d'experts aura à se pencher sur les mesures de prévention et de mitigation additionnelles qui pourraient être mises en place en fonction de cette incidence, le cas échéant. Ce groupe d'experts devra tenir compte de l'état d'avancement des connaissances actuelles.

Mandat

L'objectif est de vérifier l'état des connaissances scientifiques ainsi que les enjeux techniques et opérationnels reliés à la qualité de l'air intérieur en lien avec la transmission de COVID-19 à l'approche de la saison froide, particulièrement en ce qui concerne les établissements des réseaux de la santé et de l'éducation.

Le mandat du groupe d'experts est de :

- 1) Faire le point sur l'état des connaissances scientifiques les plus récentes ;
- 2) Évaluer les besoins et les enjeux reliés à la ventilation et à la qualité de l'air intérieur dans les différents bâtiments du réseau de la santé et des réseaux scolaires publics ;
- 3) Formuler des recommandations et suivis jugés nécessaires, à l'intention du gouvernement.

Le groupe d'experts aura donc à se pencher notamment sur les mesures de prévention et, au besoin, de mitigation additionnelles qui pourraient être mises en place, le cas échéant.

Composition du groupe d'experts scientifiques et techniques

Sous la coordination du Dr Richard Massé, conseiller médical stratégique à la Direction générale de la santé publique, le groupe est composé des membres suivants :

- Membres INSPQ
 - Dr Stéphane Perron**, médecin conseil
Institut national de santé publique du Québec
Direction de la santé environnementale et de la Toxicologie

 - Dre Caroline Huot**, médecin conseil
Institut national de santé publique du Québec
Direction de la santé environnementale et de la Toxicologie
- Membre MSSS Infrastructures
 - M. André Matte**, ingénieur
Ministère de la Santé et des Services sociaux
Direction des projets immobiliers
Direction générale des infrastructures, de la logistique, des équipements et de l'approvisionnement
- Membre MSSS
 - M. Julien Rajotte Udvarhelyi**, conseiller en hygiène et salubrité
Ministère de la Santé et des Services sociaux
Direction générale de la coordination réseau et ministérielle et des affaires institutionnelles
Direction de la prévention et du contrôle des infections dans les milieux de vie, d'hébergement et de réadaptation en santé et services sociaux
- Membre RSSS Infrastructures
 - M. Georges Bendavid**
Directeur des services techniques
CIUSSS du Centre-Ouest-de-l'Île-de-Montréal
- Membre Éducation
 - M. Darius Tsé**, ingénieur
Chargé de projets
Ministère de l'Éducation
Direction générale des infrastructures
Direction de l'expertise et du développement des infrastructures scolaires

- Membre RBQ
M^{me} Rym Raoui, architecte
Régie du bâtiment du Québec
Direction du bâtiment et des installations techniques
- Membre CNESST
M^{me} Caroline Monette, inspectrice-experte
Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
- Membre IRSST
M. Ali Bahloul, professionnel chercheur, classe 2
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail
- Membre SHQ
M. Jean-François Gravel, ingénieur
Société d'habitation du Québec
Direction de l'expertise conseil et du soutien à l'industrie

Collaborateurs INSPQ

Mme Geneviève Anctil

Conseillère en soins infirmiers

M. Stéphane Caron

Médecin-conseil

M. Jean-Marc Leclerc

Conseiller scientifique sur la santé et la qualité de l'air intérieur

M. Patrick Poulin

Conseiller scientifique

M. Jasmin Villeneuve

Médecin-conseil

Réviseurs externes du rapport

Mme Caroline Duchaine, Ph.D

Professeure titulaire

Chaire de recherche du Canada sur les bioaérosols

Département de biochimie, de microbiologie et de bio-informatique - Université Laval

Centre de recherche de l'institut Universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec

- Université Laval

M. Yves Longtin, médecin conseil

CIUSSS Centre-Ouest-de-l'Île-de-Montréal

Mme Caroline Lapointe, ingénieur

Coordonnateur des conseillers stratégiques en planification de projet

Société québécoise des infrastructures (SQI)

M. Michel Legris, hygiéniste industriel

Jean Bundock, ingénieur

M. Patrick Ouellet, ingénieur, MBA

Directeur des services techniques

CIUSSS de la Capitale-Nationale

Annexe 2. Transmission par aérosols

Traditionnellement, une distinction dichotomique était établie entre aérosols et gouttelettes afin de soutenir des stratégies de protection propres à ces voies de transmission spécifiques.

En milieux de soins, les stratégies de contrôle des particules de faible diamètre aérodynamique (répondant à l'ancienne définition d'aérosols), c'est-à-dire de la taille de celles qui se déposent et infectent les alvéoles pulmonaires, impliquent l'utilisation d'une protection des voies respiratoires (appareil de protection respiratoire de type N95), une ventilation adaptée (pression négative), car l'agent pathogène peut rester en suspension dans les airs. Ce type de transmission est désigné comme transmission aérienne, car le virus peut rester en suspension au sein de particules aéroportées et demeurer infectieux pour une longue période de temps dans un contexte de vie réelle. L'un des agents pathogènes typiquement transmis par voie aérienne est le bacille de la tuberculose (*Mycobacterium tuberculosis*). En effet, ce bacille peut rester infectieux dans des aérosols pour un certain temps, être transporté à distance par les mouvements d'air et pénétrer profondément dans les poumons en quantité suffisante pour provoquer une infection. Pour la tuberculose, les moyens de prévention de la transmission comprennent des chambres à pression négative pour les patients et des équipements de protection respiratoire pour le personnel.

Bien qu'intéressant pour décrire le processus de transmission de certains types d'infections respiratoires, ce modèle dichotomique ne tient plus au regard de la transmission de la COVID-19 pour plusieurs raisons. Dans le nouveau modèle, le terme aérosols n'équivaut plus automatiquement à une transmission aérienne. Le nouveau modèle proposé prend en considération toutes les tailles de particules selon l'endroit où le virus se dépose dans l'arbre respiratoire, le tropisme tissulaire du virus et la dose virale. Ce modèle est plus complexe, mais plus complet et permet de mieux classer les agents pathogènes et mieux comprendre les stratégies de protection.

Dans le cas du SRAS-CoV-2, les virus peuvent demeurer en suspension dans l'air pour des périodes variables sur des particules de toutes tailles. Par contre, les études ont démontré que la transmission se fait surtout à proximité et que des équipements de protection individuelle tels que les masques médicaux ont démontré leur efficacité pour prévenir la transmission de ce virus. Dans ce nouveau modèle, les aérosols sont composés de toutes particules qui peuvent rester en suspension, mais divisés selon le site anatomique où ceux-ci se déposent préférentiellement. Ainsi, les particules d'environ 5 microns ou moins sont les seules qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires ; les particules de 15 microns ou moins vont davantage se déposer dans l'arbre trachéobronchique alors que les particules de moins de 100 microns seront généralement retenues dans la cavité nasale, la bouche et le pharynx. Il est clair que si le seul site d'infection identifié est les alvéoles pulmonaires, seuls les agents pathogènes qui se transmettent par de petits aérosols pourront infecter une personne, comme pour la tuberculose. Par contre, si le lieu

d'infection est préférablement les voies nasales comme cela semble être le cas pour le SRAS-CoV-2, les plus grosses particules qui étaient autrefois appelées gouttelettes seront particulièrement impliquées dans la transmission du virus.

De plus, pour chaque maladie infectieuse, un certain nombre de virus intacts doit être absorbé afin que la transmission de l'infection se fasse. Cette dose infectieuse n'est pas connue pour le SRAS-CoV-2 chez l'homme, mais est estimée inférieure à 1000 unités formatrices de colonie (virus cultivable). Le seuil minimal n'est toutefois pas connu. Ainsi, plus la distance entre deux personnes est grande, plus la probabilité d'atteindre la dose infectieuse est faible. Par ailleurs, plusieurs facteurs peuvent influencer la présence de virus sur les aérosols, dont l'émission par la personne infectée, la quantité de virus selon la taille de la particule, la viabilité des virus sur ces particules au regard des conditions environnementales, etc.

Ainsi, le SRAS-CoV-2, bien que transmis par des aérosols, ne semble pas être un agent pathogène qui soit transmis par voie aérienne traditionnelle, car la transmission à grande distance semble rare, en conditions réelles, les concentrations virales dans l'air ne semblent pas très importantes, le virus semble avoir un tropisme pour les voies nasales et ainsi, les aérosols de la taille qui se déposent dans les voies nasales et les voies trachéobronchiques pourraient être particulièrement problématiques. Ces constats expliqueraient pourquoi, pour le SRAS-CoV-2, la distanciation physique et le port des masques médicaux (portés de manière unilatérale ou bilatérale) semblent efficaces pour contrer ce type d'infection.²¹

²¹ Zhang XS, Duchaine C. (2021) SARS-CoV-2 and Health Care Worker Protection in Low-risk Settings: a Review of Modes of Transmission and a Novel Airborne Model Involving Inhalable Particles. Clin Microbiol Rev. 34:e00184-20. <https://doi.org/10.1128/CMR.00184-20>

Annexe 3. Mesure de la concentration de CO₂

L'observation de concentrations élevées de CO₂ dans un environnement intérieur donné indiquent si la ventilation est insuffisante ou non pour rencontrer les prescriptions de ventilation minimales pour le bien-être des occupants.

Les concentrations de CO₂ généralement rencontrées dans des locaux, tels que des classes d'écoles, ne présentent cependant pas de risques directs sur la santé des occupants mais peuvent suggérer la nécessité d'améliorer la ventilation dans les locaux concernés. En effet, une ventilation inadéquate de ces milieux peut rendre les salles de classes inconfortables et avoir un impact sur la productivité des élèves. Un tel déficit de ventilation, c'est-à-dire à des taux en deçà des prescriptions minimales édictées par règlement ou standard, peut également se traduire en une accumulation concomitante de certains contaminants de l'air intérieur.

Lorsque des individus intègrent une pièce donnée sans ventilation, la concentration de CO₂ augmente pour atteindre un point d'équilibre où les apports de CO₂ (ici essentiellement par les humains) seront équivalents aux extrants que constituent l'exfiltration de CO₂ vers le milieu extérieur et les pièces adjacentes. Lorsque les occupants quittent la pièce, les concentrations de CO₂ diminuent graduellement pour atteindre un nouvel équilibre modulé par l'intensité des échanges gazeux (infiltration, exfiltration) avec les milieux adjacents et extérieurs.

La mesure du CO₂, à des fins d'évaluation de l'intensité de la ventilation, exige une bonne compréhension des phénomènes physiques impliqués mais également l'application d'un protocole rigoureux. Bien qu'il existe des valeurs seuil (notamment celle de l'ASHRAE à laquelle se réfère notamment le ministère de l'éducation²²) pouvant guider une prise de décision à l'égard du besoin d'augmenter (ou non) l'aération ou le taux de ventilation des lieux, l'évaluation de l'efficacité et du nombre de changement d'air à l'heure dans un espace donné requiert davantage d'information qu'une simple mesure ponctuelle de CO₂.

Ce type d'évaluation technique nécessite non seulement la saisie de mesures complémentaires (ex. volume de la pièce, nombre d'occupants par pièce, durée d'occupation, niveau d'activité des occupants, concentrations de CO₂ à l'extérieur, etc.) mais peut également nécessiter la prise d'une série de mesures dans le temps selon le protocole appliqué. La mesure du CO₂ constitue l'une des approches pour approximer le taux de renouvellement de l'air d'un milieu intérieur mais comme

²² Dans son document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires récemment paru (http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/reseau/qualite_air_reference_s.pdf), le ministère de l'Éducation mentionne à l'Annexe 3 de son document que le taux de CO₂ dans les locaux ventilés mécaniquement ne devrait pas dépasser 700 ppm de plus que la concentration dans l'air extérieur, mais un maximum de 1 000 ppm pour les nouveaux bâtiments. Rappelons que la concentration moyenne de CO₂ dans l'air extérieur se situe autour de 400 ppm.

chacune de ces approches, les résultats obtenus doivent être interprétés dans la limite de leur précision et des incertitudes associées.

Ainsi, il existe diverses approches pour estimer le taux de ventilation (ex. gaz traceurs, CO₂). Leur utilisation permet d'évaluer ou d'estimer les taux de changements d'air à l'heure (CAH) dans un milieu intérieur donné. Les méthodes faisant usage du CO₂ environnemental à titre de gaz traceur sont basées essentiellement sur la résolution d'équations associées à des modèles de bilan massique (méthode à l'état d'équilibre, méthode de bilan massique transitoire, etc.). Ces diverses méthodes, qui sont fondées sur certains postulats, présentent des contraintes méthodologiques et des incertitudes quant aux résultats générés. La revue de Batterman (2017) (*Review and Extension of CO₂-Based Methods to Determine Ventilation Rates with Application to School Classrooms* NIH.gov) présente les diverses méthodes utilisant le CO₂ ainsi que leurs limites.

La norme portant sur la stratégie d'échantillonnage du dioxyde de carbone en vue notamment d'évaluer le taux de ventilation d'un milieu intérieur donné ISO - ISO 16000-26:2012 - Air intérieur — Partie 26: Stratégie d'échantillonnage du dioxyde de carbone (CO₂), spécifie qu'il est particulièrement important de planifier soigneusement la stratégie d'échantillonnage puisqu'une interprétation inadéquate des mesures obtenues peut entraîner des conséquences, notamment sur l'évaluation de la situation et l'impact des mesures correctives à déployer. Elle précise même que l'application d'une stratégie de caractérisation inappropriée peut entraîner une interprétation erronée des conditions réelles qui prévalent.

Ce risque possible d'interprétation inadéquate est aussi soulevé dans le standard de l'ASTM International (<https://www.astm.org/Standards/D6245.htm>). Cependant, ce dernier précise que lorsque les hypothèses de départ sur lesquelles repose l'analyse sont valides (ex : atteinte de conditions d'équilibre), la technique utilisée peut fournir une évaluation fiable du taux de ventilation d'un milieu donné. Il ajoute que le suivi en continu des concentrations de CO₂ à l'intérieur et l'extérieur peut être utilisée pour étudier certains aspects de la performance du système de ventilation et les modes d'occupation des bâtiments.

Annexe 4. Propositions d'indicateurs de qualité de l'air intérieur à mesurer

La qualité de l'air intérieur (QAI) est un phénomène complexe qui peut faire intervenir de nombreux paramètres, l'environnement extérieur, les composantes de l'édifice, son entretien, la ventilation, les occupants et, finalement, la réglementation en vigueur (QAI).

L'élaboration de paramètres ou d'indicateurs visant à caractériser la QAI est donc un exercice qui va dépendre de l'usage du local. Ainsi, les indicateurs spécifiques à une salle de classe ne seront pas les mêmes que ceux d'une salle blanche qui est une pièce ou une série de pièces où la concentration particulaire est maîtrisée afin de minimiser l'introduction, la génération, la rétention de particules à l'intérieur, généralement dans un but spécifique industriel ou de recherche scientifique. Les paramètres tels que la température, l'humidité et la pression relative sont également maintenus à des niveaux précis (définition selon la norme ISO 14644-1).

De ce fait, les mesures d'indicateurs relatifs à la QAI sont souvent dispendieuses et prennent beaucoup de temps. Et dans le cas où il y aurait des problèmes reliés à la QAI, il est important de s'assurer que les résultats des mesures effectuées pourront permettre d'identifier les problèmes et aider à mettre en place des actions correctives.

Le présent document va donc se limiter à une évaluation initiale de paramètres faciles à mesurer pour une salle de classe. Et si ces paramètres sont à l'intérieur des plages définies dans le *Document de référence sur la qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires* édicté par le MEQ, alors la QAI dans la salle de classe sera jugée « acceptable ». Dans le cas contraire, il peut s'avérer nécessaire de demander l'accompagnement d'un expert en qualité de l'air intérieur pour mesurer d'autres paramètres, interpréter les résultats obtenus et mettre en place un plan d'action visant à corriger les problèmes constatés.

Les paramètres retenus sont les suivants : La température (°C), l'humidité relative (%), le taux de dioxyde de carbone (ppm) à divers moments de la journée, le taux de monoxyde de carbone (si des appareils à combustibles fossiles sont utilisés dans le bâtiment, ppm), le nombre de changements d'air par heure), le suivi d'une directive d'ouverture des fenêtres (bâtiments sans ventilation mécanique) comme proposé dans le *Document de référence sur la qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires* édicté par le MEQ.

Des inspections de la ventilation, incluant les mesures CO₂ et/ou autres substances, devraient être fait annuellement, avant la saison de l'hiver (entre la mi-novembre et la mi-décembre) dans tous les bâtiments.

Annexe 4.1 Paramètres de confort retenus par le ministère de l'Éducation

Paramètres	Locaux ventilés mécaniquement	Locaux ventilés naturellement (par l'ouverture de fenêtres)
Température minimale : 20 °C	En hiver : entre 20 °C et 24 °C En été : entre 23 °C et 26 °C	En hiver : entre 20 °C et 24 °C En été : se référer à la réglementation en vigueur
Humidité relative minimale : 20 %	En hiver : entre 30 % et 55 % En été : entre 30% et 60%	En hiver : entre 30 % et 55 % En été : entre 30 % et 80 %
Apport d'air frais extérieur	Minimum de 2,4 l/sec/occupant jusqu'à 7,5 l/sec/occupant	Apport naturel d'air frais extérieur
Renouvellement d'air	6 changements d'air/h	1 changement d'air/h
Taux de dioxyde de carbone (CO₂)	700 ppm de plus que la concentration dans l'air extérieur. Maximum de 1 000 ppm pour les nouveaux bâtiments	Taux de dioxyde de carbone (CO ₂)
Qualité de la filtration de l'air	Utilisation de filtres de qualité MERV 13 ou plus dont les bords sont scellés pour éviter les dérivations (pour les nouvelles constructions)	
<p>Ces paramètres représentent des cibles et les organismes scolaires doivent tenir compte des situations exceptionnelles, par exemple lorsque la température et l'humidité extérieures rendent impossible l'atteinte de ces cibles.</p>		
<p>La concentration de CO₂, tout comme la température ambiante et le taux d'humidité, varie au cours de la journée selon le nombre d'occupants d'un local, les activités qui s'y déroulent, l'exposition des façades au soleil et les conditions climatiques extérieures.</p>		

Source : Ministère de l'Éducation. Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires, Octobre 2020, Annexe 3, p. 29.

http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/reseau/qualite_air_reference_s.pdf

Annexe 5. Mesures du dioxyde de carbone dans les écoles du Québec – Résultats préliminaires - 23 décembre 2020

MISE EN CONTEXTE

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un composant naturel de l'air que nous respirons; c'est un gaz incolore, inodore et ininflammable produit par des processus métaboliques (la respiration par exemple) et la combustion de combustibles fossiles. La concentration moyenne de CO₂ dans l'air extérieur est de l'ordre de 300 à 400 ppm (partie par million). Il peut atteindre 500 ppm dans certaines zones urbaines (Usha Satish, Université de l'État de New York, septembre 2012).

Les humains, en raison de leurs activités, produisent du CO₂ en expirant. Si bien que dans des espaces intérieurs occupés, les concentrations de CO₂ sont plus élevées que celles mesurées à l'extérieur. Ainsi, à mesure que l'apport d'air frais extérieur diminue dans un espace intérieur, le taux de CO₂ dans cet espace augmente et peut dépasser les valeurs maximales fixées par des normes ou celles recommandées par des organismes comme *l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)*.

En général, selon le Centre national de collaboration en santé environnementale du Canada, dans le cas d'une salle de classe occupée, le niveau de ventilation recommandé correspond à des concentrations de CO₂ d'environ 1 000 à 1 100 ppm. Ce niveau de CO₂ est considéré comme un « élément auxiliaire du confort humain (odeur) » sans « être un risque pour la santé ». Toutefois, plusieurs études montrent que des concentrations anormalement élevées de CO₂ affectent significativement la concentration et la performance décisionnelle et par conséquent la performance scolaire.

Dans son *Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires*, le ministère de l'Éducation (MEQ) fixe la valeur maximale de concentration de CO₂ dans les locaux ventilés mécaniquement à 700 ppm de plus que la concentration dans l'air extérieur, mais sans dépasser 1000 ppm pour les nouveaux bâtiments. De manière générale, le MEQ recommande de respecter la **valeur cible de 1000 ppm** dans les salles de classe.

Aux fins de la présente analyse, le MEQ a fixé des seuils de priorité pour le traitement des cas non conformes dépassant un taux de 1000 ppm :

- Priorité 1 : Concentration de CO₂ supérieure à 2000 ppm : des mesures correctives **immédiates** doivent être mises en place pour **corriger la situation**.
- Priorité 2 : Concentration de CO₂ entre 1500 et 2000 ppm : des mesures correctives doivent être mises en place **rapidement** pour **corriger la situation**.
- Priorité 3 : Concentration de CO₂ entre 1000 et 1500 ppm : des mesures doivent être mises en place, dans les **meilleurs délais**, pour **améliorer la situation**.

Rappelons par ailleurs que la limite d'exposition au CO₂ en milieu de travail prescrite par le Règlement sur la santé et la sécurité du Québec (Annexe 1) est de 5000 ppm pour une exposition de huit heures de travail. La même valeur a été fixée par *l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists*.

Il est important de préciser que le taux de CO₂ à lui tout seul n'est pas une garantie de la qualité de l'air intérieur, mais il constitue un bon indicateur de l'apport d'air extérieur.

ÉTAT DE LA SITUATION

Pour avoir une idée de l'état de situation du taux dans les écoles, le 27 novembre 2020, une directive a été envoyée aux 72 centres de services scolaires et aux commissions scolaires pour leur demander de mesurer le taux de dioxyde de carbone (CO₂) dans quatre bâtiments de leur parc immobilier (une école primaire, une école secondaire, un centre de formation pour adulte et un centre de formation professionnelle). Ils devaient prendre des mesures dans au moins une école ventilée naturellement et une école ventilée mécaniquement. Et dans chaque école, des mesures devaient être réalisées dans au moins quatre classes représentatives du bâtiment. Certains CSS/CS ont effectué des mesures dans plus de quatre écoles et parfois dans moins de quatre classes dans une école, selon certaines contraintes rencontrées sur place.

Le MEQ a également exigé une reddition de comptes des CSS et des CS en les invitant à remplir le formulaire joint à la directive pour chacune des écoles dans lesquelles les taux de CO₂ ont été mesurés.

L'exercice a été complété le 22 décembre 2020. Sur les 72 CSS et CS sollicités par le MEQ, 66 (92 %) ont fait parvenir leurs formulaires complétés. Fournissant ainsi les données pour 330 bâtiments pour un total de 1 369 classes.

ÉLÉMENTS DE RENSEIGNEMENT

Parmi les formulaires retournés, il y a 146 bâtiments ventilés naturellement (597 classes), 184 bâtiments ventilés mécaniquement (772 classes). De ces 330 bâtiments, 221 sont en milieu urbain et 109 en milieu rural.

Pour chacune des classes, les taux de CO₂ devaient être mesurés à trois reprises durant une période de cours. Avant le début du cours, au milieu du cours et avant la fin du cours. On a également demandé aux responsables de la mesure d'ouvrir la fenêtre pendant 20 minutes avant de prendre la troisième mesure dans les classes ventilées naturellement.

Toutefois, les fenêtres sont restées fermées dans 100 classes ventilées naturellement, pour diverses raisons incluant des facteurs humains et climatiques. Les classes dans lesquelles les

fenêtres n'ont pas été ouvertes ont été exclues pour le calcul des résultats moyens obtenus lors de chacune des mesures présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Moyenne des mesures en fonction du type de bâtiment excluant les classes dans lesquelles les fenêtres sont restées fermées

Type de bâtiment	1 ^{re} mesure (avant le début du cours)	2 ^e mesure (au milieu du cours)	3 ^e mesure (avant la fin du cours)
Ventilé naturellement	640 ppm	1094 ppm	954 ppm
Ventilé mécaniquement	551 ppm	848 ppm	833 ppm
Moyenne (total)	586 ppm	944 ppm	881 ppm

De manière générale, si l'on fait la moyenne des trois mesures, on obtient un taux moyen de CO₂ de 804 ppm.

Pour les 100 classes dans lesquelles les fenêtres sont restées fermées, le tableau 2 présente les résultats moyens obtenus :

Tableau 2 : Moyenne des mesures pour les classes ventilées naturellement pour lesquelles les fenêtres sont restées fermées

Type de bâtiment	1 ^{re} mesure (avant le début du cours)	2 ^e mesure (au milieu du cours)	3 ^e mesure (avant la fin du cours)
Ventilé naturellement dont les fenêtres sont restées fermées	727 ppm	1139 ppm	1143 ppm

Pour ces classes, le taux moyen mesuré est de 1003 ppm de CO₂. Ceci démontre bien l'importance d'aérer convenablement les salles de classe.

Le tableau 3 présente la distribution des valeurs mesurées en fonction de certains seuils pour l'ensemble des bâtiments :

Tableau 3 : Distribution des valeurs mesurées par classe en fonction du type de bâtiment

Type de bâtiment	Seuils	1 ^{re} mesure (avant le début du cours)	2 ^e mesure (au milieu du cours)	3 ^e mesure (avant la fin du cours)
Ventilé naturellement	<1000	520 (87,1 %)	291 (48,7 %)	375 (62,8 %)
	1000<1500	57 (9,5 %)	213 (35,7 %)	158 (26,5 %)
	1500<2000	10 (1,7 %)	63 (10,6 %)	49 (8,2 %)
	>2000	4 (0,7 %)	29 (4,9 %)	13 (2,2 %)
	Non mesuré	6 (1,0 %)	1 (0,2 %)	2 (0,3 %)
Ventilé mécaniquement	<1000	742 (96,1 %)	591 (76,5 %)	573 (74,2 %)
	1000<1500	23 (3,0 %)	157 (20,3 %)	146 (18,9 %)
	1500<2000	5 (0,7 %)	18 (2,3 %)	20 (2,6 %)
	>2000	1 (0,1 %)	5 (0,6 %)	0 (0,0 %)
	Non mesuré	1 (0,1 %)	1 (0,1 %)	33 (4,3 %)
Total	<1000	1262 (92,2 %)	882 (64,5 %)	948 (69,2 %)
	1000<1500	80 (5,8 %)	370 (27,0 %)	304 (22,2 %)
	1500<2000	15 (1,1 %)	81 (5,9 %)	69 (5,0 %)
	>2000	5 (0,4 %)	34 (2,5 %)	13 (1,0 %)
	Non mesuré	7 (0,5 %)	2 (0,1 %)	35 (2,6 %)

Si on regarde les résultats moyens obtenus, on remarque que l'ouverture des fenêtres a un impact positif notable sur le niveau de dioxyde de carbone dans les classes ventilées naturellement. Cependant, pour être efficace, cette pratique est dépendante de facteurs externes (vent, température extérieure, etc.), de la collaboration des enseignants et, bien sûr, du confort des usagers. Les basses températures extérieures lors des tests semblent avoir eu un impact sur la qualité du changement d'air, les fenêtres ayant été plus ou moins ouvertes selon les cas.

Concentration supérieure à 2000 ppm (priorité 1)

Sur l'ensemble des mesures, on a observé des valeurs supérieures à 2000 ppm dans 42 classes (3 % du total) sur une ou plusieurs d'entre-elles. Parmi celles-ci, il y a 8 écoles ventilées mécaniquement et 34 écoles ventilées naturellement.

Toutefois, la plupart ont justifié les mesures par le fait que les fenêtres n'ont pas été ouvertes, par exemple, en raison des températures non propices au moment de la prise de mesure ou encore, que les premières mesures ont été prises à la suite d'une période de cours et non au début de la journée alors qu'il n'y a pas d'occupation.

Pour chacune de ces situations, une analyse sera menée pour identifier les causes de ces défaillances afin de mettre en place des mesures correctives adaptées à la situation. Ces mesures correctives pourront inclure les éléments suivants, sans s'y limiter :

- Modification de la programmation du système de ventilation ;
- Ajustement des heures de mise en marche du système de ventilation ;
- Augmentation des fréquences d'entretien du système ;
- Rappel aux usagers d'ouvrir les fenêtres selon la procédure en vigueur ;
- Ajustement de la procédure d'ouverture des fenêtres.

CONCLUSION

La présente analyse concerne 92 % des CSS/CS qui ont transmis leurs formulaires et des résultats pour 330 bâtiments sur les 288 prévus dans l'échantillonnage initial.

Les résultats observés permettent de constater que les niveaux de CO₂ dans les écoles sont somme toute satisfaisants. Le taux moyen de CO₂ auquel les élèves sont exposés dans l'ensemble des classes, est de 804 ppm. De plus, 93,6 % des taux de CO₂ mesurés dans les classes analysées sont acceptables, c'est-à-dire qu'un taux de CO₂ inférieur à 1 500 ppm a été mesuré.

Ces mesures et ces constats nous rappellent toutefois l'importance d'aérer convenablement les locaux avant le début des cours ainsi que durant toute la journée. Pour ce faire :

- Les protocoles d'aération des salles classes doivent être respectés ;
- Les systèmes de ventilation doivent démarrer deux heures avant l'ouverture de l'école et s'arrêter deux heures après la fermeture de l'école ;
- Toute programmation forçant l'arrêt du système doit être désactivée pour que celui-ci fonctionne en continu durant toute cette période.

Nous recommandons :

- Le maintien de l'application rigoureuse des politiques de ventilation dans les établissements, notamment par le renforcement des messages destinés aux acteurs concernés, particulièrement dans les écoles ventilées naturellement ;
- La mise en place immédiate de mesures correctives adaptées dans les classes où un taux de concentration de plus de 2 000 ppm a été mesuré et un suivi serré de l'avancement de ces mesures ;
- La mise en place d'un programme de tests systématiques des principaux paramètres de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments des CSS et CS. Ce programme de suivi devra être élaboré et déployé en se basant sur le *Document de référence sur la qualité de l'air dans les établissements scolaires* du MEQ, ainsi que des recommandations émises dans le rapport du groupe d'experts scientifiques et techniques coordonné par le ministère de la Santé et des Services sociaux. L'équipe de la DÉDIS pourra appuyer les CSS et CS dans le développement et la mise en application d'un tel programme.

