

Transmission du SRAS-CoV-2 : constats et proposition de terminologie

9 décembre 2020

AUTEURS

Geneviève Anctil
Stéphane Caron
Josiane Charest
Alejandra Irace-Cima
Vladimir Gilca
Chantal Sauvageau
Jasmin Villeneuve
Direction des risques biologiques et de santé au travail

Caroline Huot
Benoît Lévesque
Stéphane Perron
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Patricia Hudson
Jasmin Villeneuve
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

AVEC LA COLLABORATION DE

Stéphani Arulthas
Direction du développement des individus et des communautés

Jean-Marc Leclerc
Patrick Poulin
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Maryse Beaudry
Denis Paquet
Direction de la valorisation scientifique et qualité

Josée Massicotte
Direction des risques biologiques et de santé au travail

MISE EN PAGE

Murielle St-Onge
Direction des risques biologiques et de la santé au travail

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

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

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

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 2021
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-88340-1 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2021)

Table des matières

Glossaire	II
Faits saillants.....	1
Sommaire.....	2
1 Introduction	4
2 Méthodologie	5
3 Terminologie associée aux modes de transmission des agents infectieux par les voies respiratoires	6
4 Dynamique des aérosols.....	8
4.1 Dispersion.....	8
4.2 Potentiel d'inhalation	8
4.3 Charge microbienne et infectiosité	9
5 Position de différents organismes de santé publique et réglementaires concernant la transmission du SRAS-cov-2.....	9
6 Processus de transmission du SRAS-CoV-2	10
6.1 Émetteur	10
6.2 Transmetteur	10
6.3 Récepteur	11
7 Revue de littérature brève sur la transmission par aérosols - résultats et discussion.....	12
7.1 Données épidémiologiques et expérimentales concernant la transmission par les aérosols	12
7.2 Études épidémiologiques portant sur des éclosions et événements dits de supertransmission.....	13
7.3 Les données expérimentales de transmission par aérosols chez les animaux	17
7.4 Constats	17
7.5 Limites méthodologiques	18
8 Conclusion.....	18
Références.....	19
Annexe 1 Méthodologie et stratégie de recherche selon la source de données - revue de littérature brève sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols.....	24
Annexe 2 Revue de littérature brève sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les fomites	26

Glossaire

Aérosols : Particules en suspension dans l'air, dont le mouvement est gouverné principalement par la taille des particules; généralement inférieures à 100 µm (traditionnellement appelées gouttelettes pour celles > 5 µm), et potentiellement inhalables, qui peuvent être classés selon le site anatomique où elles se déposent dans les voies respiratoires :

- ▶ Les particules nasopharyngiennes, qui se déposent dans le nez ou la gorge, ≤ 100 µm;
- ▶ Les particules trachéobronchiques, qui se déposent dans les bronches, ≤ 15 µm;
- ▶ Les particules alvéolaires, qui se rendent jusqu'aux alvéoles pulmonaires, ≤ 5 µm (traditionnellement appelées noyaux de gouttelettes ou microgouttelettes).

Bioaérosols : Aérosols qui contiennent du matériel biologique.

Cultivable : Capacité des virus de se reproduire sur des cultures cellulaires appropriées dans des conditions adéquates. Le fait qu'un virus soit cultivable ne signifie pas que celui-ci possède un pouvoir infectieux.

Gouttelettes : Anciennement définies comme des particules mesurant généralement plus de 5 µm. Maintenant incluses dans la définition retenue du terme aérosols.

Gouttes : Particules de dimension supérieure à 100 µm, qui peuvent se déposer directement sur les muqueuses du nez, de la bouche ou des yeux et sur des surfaces ou des objets, selon une trajectoire balistique (donc non inhalables).

Infectiosité : Capacité d'un agent pathogène (tel qu'un virus) de se transmettre, de survivre et de se multiplier dans un hôte.

Particules : Petite partie de matière solide ou liquide.

Transmission : Processus par lequel un agent pathogène passe d'une source de manière à causer une infection chez un hôte.

Tropisme : Affinité d'un agent infectieux ou parasitaire, pour agir spécifiquement sur un organe, un tissu ou un type cellulaire.

Faits saillants

Alors que le virus SRAS-CoV-2 cause une pandémie à travers le monde, les connaissances scientifiques sur ses modes de transmission évoluent en continu. Or, un débat perdure sur certains aspects, plus spécifiquement en lien avec la transmission du virus par les aérosols. L'absence de consensus quant aux définitions des termes entourant la transmission d'un agent infectieux par les voies respiratoires explique en partie le débat.

Ce document présente une revue de la littérature scientifique dont l'emphase porte sur ce mode de transmission, tout en intégrant les connaissances sur les autres modes de transmission. Révisé par une équipe multidisciplinaire, il vise à soutenir la prise de décision des autorités de santé publique, des différents groupes d'experts, des décideurs ministériels et des dirigeants d'établissements de santé et de services sociaux.

À ce jour, les recommandations en prévention et contrôle des infections reposaient sur une approche dichotomique, associée aux modes de transmission des infections par gouttelettes et par voie aérienne. Or, le corpus grandissant de connaissances sur l'aspect dynamique des aérosols ouvre la voie à une approche selon laquelle la transmission est tributaire d'un continuum de particules de différentes tailles (allant des gouttes jusqu'aux aérosols).

L'analyse multidisciplinaire des données expérimentales et épidémiologiques permet de dégager les constats suivants :

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

La mise en œuvre d'un ensemble de mesures de prévention et de protection en milieu communautaire, dans les milieux de travail et dans les milieux de soins, permet de limiter la transmission du SRAS-CoV-2. Ces mesures comprennent notamment :

- ▶ La limitation des contacts et la distanciation physique;
- ▶ L'hygiène et l'étiquette respiratoires;
- ▶ L'hygiène des mains;
- ▶ La ventilation adéquate;
- ▶ Le port d'un masque;
- ▶ Le nettoyage et la désinfection de l'environnement;
- ▶ L'application des pratiques de base et des précautions additionnelles de prévention et contrôle des infections (PCI) recommandées selon le milieu.

Les informations et constats présentés dans ce document seront ajustés sur une base régulière selon l'évolution des connaissances sur la transmission du SRAS-CoV-2.

Sommaire

La littérature scientifique concernant la transmission du SRAS-CoV-2 a été révisée par différentes équipes de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) afin de produire des connaissances scientifiques soutenant la prise de décision des autorités de santé publique, des différents groupes d'experts, des décideurs ministériels et des dirigeants d'établissements de santé et de services sociaux. L'objectif principal de ce texte est d'exposer le processus de transmission du SRAS-CoV-2, en abordant de façon beaucoup plus détaillée l'aspect de la transmission par les aérosols.

Le rapport présente la description de la terminologie utilisée, une section sur la dynamique des aérosols, incluant la dispersion, le potentiel d'inhalation, la charge microbienne et l'infectiosité, ainsi que le résumé de la position de différents organismes de santé publique concernant la transmission du SRAS-CoV-2. Le processus de transmission du SRAS-CoV-2 est présenté dans son ensemble. La revue de littérature porte sur les données scientifiques en lien avec l'aspect de la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols.

Les recommandations en prévention et contrôle des infections associées aux modes de transmission des infections par gouttelettes et par voie aérienne reposaient jusqu'ici sur une approche qui, bien que dichotomique, a prouvé son efficacité à prévenir et contrôler la transmission d'infections comme l'influenza ou la tuberculose. Or, le SRAS-CoV-2 impose une approche mieux adaptée au corpus grandissant de connaissances sur l'aspect dynamique des aérosols, qui supporte que la transmission est tributaire d'un continuum de particules de différentes tailles.

Méthodologie

Les constats tirés dans ce document sont issus de deux revues de la littérature brève menées par les équipes « infections nosocomiales » et « santé environnementale » de l'INSPQ. Elles apportent une perspective transdisciplinaire.

L'équipe « infections nosocomiales » a procédé à une revue des connaissances sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols en révisant les publications et prépublications scientifiques disponibles en date du 15 septembre 2020.

Cette revue a été effectuée en consultant des bases de données bibliographiques (Medline, Embase, via le moteur de recherche Ovid) à l'aide de mots-clés en lien avec la transmission par voie aérienne en contexte de la COVID-19, ainsi que la veille scientifique signalétique sur la COVID-19 produite par l'INSPQ.

De son côté, l'équipe « santé environnementale » a fait la recension des écrits portant sur la présence dans l'air du SRAS-CoV-2 ainsi que sur la viabilité des virus dans l'environnement et les modes de transmission de la COVID-19.

Une recherche Inoreader ainsi qu'une stratégie boule de neige ont été utilisées pour colliger les études sur le sujet. La même stratégie a été utilisée avec les études portant sur les éclosions avec des cas de COVID-19 où des infections à distance et par les fomites ont été suspectées. Les articles en français et en anglais ont été révisés jusqu'au 30 septembre 2020 et de façon continue pour les articles sur les aérosols et les fomites depuis. Les articles non révisés par les comités de pairs, mais disponibles sur medRxiv ont aussi été évalués.

Une revue non systématique de la littérature scientifique et grise a également été réalisée pour documenter la terminologie associée aux aérosols et repérer les positions des différentes organisations sur le sujet des modes de transmission de la COVID-19.

Le document a fait l'objet d'un processus de consultation interne auprès des équipes d'experts impliqués dans la COVID-19 à l'INSPQ (santé environnementale, santé au travail, infections nosocomiales, mesures populationnelles, gestion des cas et des contacts) ainsi qu'à l'externe (comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ), groupe de travail en santé au travail sur la COVID (SAT-COVID)).

Définitions

À la suite de la révision de la terminologie, un modèle adapté de Roy et Milton (2004) et utilisé dans le domaine de la santé au travail (SAT) au Québec a été

retenu pour faciliter l'utilisation d'un langage transdisciplinaire au sein de l'INSPQ. La position de l'INSPQ concernant la transmission du SRAS-CoV-2 et les constats qui en découlent sont basés sur les définitions suivantes :

Terme	Définition
Aérosols	Particules en suspension dans l'air, dont le mouvement est gouverné principalement par leur taille, généralement inférieures à 100 µm (traditionnellement appelées gouttelettes pour celles de plus de 5 µm), et potentiellement inhalables, qui peuvent être classées selon le site anatomique où elles se déposent dans les voies respiratoires : ▶ Les particules nasopharyngiennes, qui se déposent dans le nez ou la gorge, ≤ 100 µm; ▶ Les particules trachéobronchiques, qui se déposent dans les bronches, ≤ 15 µm; ▶ Les particules alvéolaires, qui se rendent jusqu'aux alvéoles pulmonaires, < 5 µm (traditionnellement appelées noyaux de gouttelettes ou microgouttelettes).
Gouttelettes	Anciennement définies comme des particules mesurant généralement plus de 5 µm. Maintenant incluses dans la définition retenue du terme aérosols.
Gouttes	Particules de dimension supérieure à 100 µm, qui peuvent se déposer directement sur les muqueuses du nez, de la bouche ou des yeux et sur des surfaces ou des objets, selon une trajectoire balistique (donc non inhalables).

L'analyse multidisciplinaire des données expérimentales et épidémiologiques disponibles, réalisée en fonction des définitions précédentes, permet de dégager les constats suivants :

- ▶ Le SRAS-CoV-2 est transmis principalement lors de contacts rapprochés (moins de 2 mètres) et prolongés (plus de 15 minutes) entre les personnes.
- ▶ Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est augmenté dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupants et lorsque la durée d'exposition est prolongée.
- ▶ Les données expérimentales et épidémiologiques disponibles soutiennent une transmission par aérosols à proximité (moins de 2 mètres).
- ▶ Lorsque certaines conditions spécifiques sont présentes, comme dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupation et pendant une période prolongée (plus de 15 minutes), les données démontrent que la transmission lors de contacts rapprochés demeure la principale voie impliquée (moins de 2 mètres). Elles suggèrent aussi qu'une transmission par aérosols à distance pourrait survenir. La distance maximale demeure imprécise, mais il est peu probable que ce soit au-delà de quelques mètres.
- ▶ La présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans l'air et de virus vivant n'implique pas systématiquement qu'il y ait transmission par voie aérienne tel que décrit pour la tuberculose¹. À l'heure actuelle, aucune preuve directe ne démontre clairement le mode de transmission par voie aérienne avec le SRAS-CoV-2.

¹ La transmission par voie aérienne obligatoire concerne les infections qui se transmettent naturellement uniquement par des aérosols qui peuvent voyager sur de très grandes distances (plusieurs mètres) et qui doivent se déposer dans les voies respiratoires inférieures, et ce, sans intervention invasive. Ce mode de transmission implique que l'hôte peut être infecté sans avoir à être proche de la personne source, ni être présent dans la même pièce au même moment (ex. : rougeole). La transmission par voie aérienne préférentielle concerne les infections qui peuvent se transmettre naturellement par plus d'un mode de transmission, mais dont le principal mode de transmission est la voie aérienne telle que décrite précédemment (ex. : varicelle). La transmission par voie aérienne opportuniste regroupe des infections qui se transmettent habituellement par d'autres modes, mais qui peuvent aussi se propager par de fines particules aérosolisées dans certaines conditions particulières, comme la réalisation d'interventions médicales générant des aérosols (IMGA) (INSPQ, 2009).

Ces constats pourront être revus en fonction de nouvelles évidences disponibles. L'absence d'un langage commun dans la terminologie associée aux aérosols et les limites méthodologiques des études renforcent la nécessité d'études supplémentaires de qualité pour préciser certains paramètres, notamment la dose infectante du SRAS-CoV-2 et la transmission par aérosols sur une longue distance.

Cette synthèse rapide des connaissances sur la transmission du SRAS-CoV-2 propose les fondements scientifiques sur lesquels s'appuieront les différents experts afin de réviser ou confirmer les recommandations spécifiques à leurs domaines. Ils continueront à collaborer entre eux afin de veiller à ce que les recommandations soient en cohérence les unes avec les autres et que les différences ou nuances selon les domaines soient détaillées.

Tous les efforts doivent se poursuivre afin de mettre en œuvre un ensemble de mesures pour limiter la transmission du SRAS-CoV-2, tant en milieu communautaire, dans les milieux de travail et dans les milieux de soins.

1 Introduction

Alors que plus de soixante millions de cas de COVID-19 sont répertoriés à travers le globe, les connaissances sur le SRAS-CoV-2 sont de mieux en mieux étayées. Malgré tout, un débat sur certains aspects entourant les modes de transmission du virus perdure. Afin de produire des connaissances scientifiques soutenant la prise de décision des autorités de santé publique, des différents groupes d'experts, des décideurs ministériels et des dirigeants d'établissements de santé et de services sociaux, la littérature scientifique au sujet de la transmission du SRAS-CoV-2 a été révisée par différentes équipes de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (maladies infectieuses, prévention et contrôle des infections nosocomiales, santé au travail et en santé environnementale). Bien que l'emphase ait été mise sur la transmission du virus par les aérosols, les autres modes de transmission sont également abordés.

L'objectif principal de ce texte est d'exposer le processus de transmission du SRAS-CoV-2, en abordant de façon beaucoup plus détaillée l'aspect de la transmission par les aérosols. Après une description de la méthodologie, la terminologie utilisée pour décrire les modes de transmission des agents infectieux par les voies respiratoires est révisée et une proposition est effectuée. Par la suite, on décrit la dynamique des aérosols et on résume la position de différents organismes de santé publique et réglementaires concernant la transmission du SRAS-CoV-2 avant d'aborder le processus global de transmission du SRAS-CoV-2. Les résultats et la discussion sur la transmission du virus par les aérosols, ainsi que les limites méthodologiques suivent. Finalement, des constats traduisant une position multidisciplinaire et concertée concernant la transmission du SRAS-CoV-2 sont dégagés, constats qui pourront être traduits en recommandations spécifiques sur les mesures à implanter par les différents experts impliqués.

Les informations présentées dans ce document seront ajustées sur une base régulière selon l'évolution des connaissances sur la transmission du SRAS-CoV-2.

2 Méthodologie

Cette revue narrative est issue de deux revues de la littérature brève menées par les équipes « infections nosocomiales » et « santé environnementale » de l'INSPQ. Les études retenues ont permis d'explorer le processus de transmission du SRAS-CoV-2 de façon globale et plus spécifiquement, de dégager des constats concernant la transmission par les aérosols.

Du côté de l'équipe des infections nosocomiales, une revue des connaissances sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols a été effectuée en révisant les publications et prépublications scientifiques disponibles en date du 15 septembre 2020. Cette revue a été effectuée en consultant des bases de données bibliographiques (Medline, Embase, via le moteur de recherche Ovid) à l'aide de mots-clés en lien avec la transmission par les aérosols en contexte de la COVID-19, ainsi que la veille scientifique signalétique sur la COVID-19 produite par l'INSPQ. Les données identifiées sur ce sujet proviennent principalement des modèles expérimentaux, des données observationnelles et des données épidémiologiques. Plus d'informations sont présentées à l'annexe I.

L'équipe en santé environnementale a effectué une recension des écrits portant sur la présence dans l'air du SRAS-CoV-2 ainsi que sur la viabilité des virus dans l'environnement et les modes de transmission de la COVID-19. Une recherche Inoreader ainsi qu'une stratégie boule de neige ont été utilisées pour colliger les études sur le sujet. La même stratégie a été utilisée avec les études portant sur les éclosions avec des cas de COVID-19 où des infections à distance et par les fomites ont été suspectées. Les articles en français et en anglais ont été révisés jusqu'au 30 septembre 2020 et de façon continue pour les articles sur les aérosols et les fomites depuis. Les articles non révisés par les comités de pairs, mais disponibles sur medRxiv ont aussi été évalués. Plus d'informations sur la transmission par fomites sont présentées à l'annexe II.

En parallèle, afin de proposer une terminologie adaptée à la dynamique des aérosols et réviser les positions des organisations sur les modes de transmission de la COVID-19, la littérature scientifique et la littérature grise (principales instances reconnues) ont été révisées, mais n'ont pas fait l'objet d'une revue systématique. Pour les autres facteurs étudiés (ex. : dynamique des aérosols, contagiosité, dose infectieuse), les études n'ont pas été colligées de manière systématique.

Le document a fait l'objet d'un processus de consultation interne auprès des équipes d'experts impliqués dans la COVID-19 à l'INSPQ (santé environnementale, santé au travail (SAT), infections nosocomiales, mesures populationnelles, gestion des cas et des contacts) ainsi qu'à l'externe (comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ), groupe de travail en santé au travail sur la COVID (SAT-COVID)).

3 Terminologie associée aux modes de transmission des agents infectieux par les voies respiratoires

Avant d'aborder la transmission du SRAS-CoV-2, il importe de parcourir la terminologie utilisée pour décrire les termes entourant la transmission d'un agent infectieux par les voies respiratoires. En effet, depuis le début de la pandémie, il semble qu'un débat entourant l'utilisation de ces termes ait fait surface. Les différentes expertises scientifiques impliquées dans l'étude de la dynamique des aérosols sont de plus en plus confrontées au manque de consensus à ce sujet. D'un côté, pour les experts en prévention et contrôle des infections (PCI) et en santé publique, il est traditionnellement admis que le terme aérosols² réfère aux particules de très petites tailles respirables transmises sur de longues distances, par opposition aux gouttelettes, de diamètre supérieur, qui sédimentent plus rapidement. De l'autre, les experts en hygiène industrielle définissent les aérosols en fonction de la capacité des particules à rester en suspension dans l'air et les classent entre autres selon le site anatomique où ils se déposent dans les voies respiratoires. Le tableau 1 résume la grande variabilité dans les définitions de ces termes par différents organismes ou dans les articles scientifiques.

En bref, l'absence de consensus quant aux définitions des gouttelettes et des aérosols au sein de la communauté scientifique alimente le débat sémantique et scientifique actuel. Tout en reconnaissant que ces concepts sont en évolution, il apparaît opportun de les repositionner dans un processus dynamique et non dichotomique. À la suite de la révision de la terminologie, un modèle adapté de Roy et Milton (2004) par l'Agence de santé publique du Canada (2017) et utilisé dans le domaine de la santé au travail au Québec a été retenu pour faciliter l'utilisation d'un langage transdisciplinaire au sein de l'INSPQ. Les définitions suivantes ont donc guidé l'analyse des données expérimentales et épidémiologiques disponibles.

Aérosols : Particules en suspension dans l'air, dont le mouvement est gouverné principalement par leur taille, généralement inférieures à 100 µm (traditionnellement appelées gouttelettes pour celles de plus de 5 µm) et potentiellement inhalables, qui peuvent être classées selon le site anatomique où elles se déposent dans les voies respiratoires :

- ▶ Les particules nasopharyngiennes, qui se déposent dans le nez ou la gorge, ≤ 100 µm;
- ▶ Les particules trachéobronchiques, qui se déposent dans les bronches, ≤ 15 µm;
- ▶ Les particules alvéolaires, qui se rendent jusqu'aux alvéoles pulmonaires, ≤ 5 µm (traditionnellement appelées noyaux de gouttelettes ou microgouttelettes).

Gouttelettes : Anciennement définies comme des particules mesurant généralement plus de 5 µm. Maintenant incluses dans la définition retenue du terme aérosols.

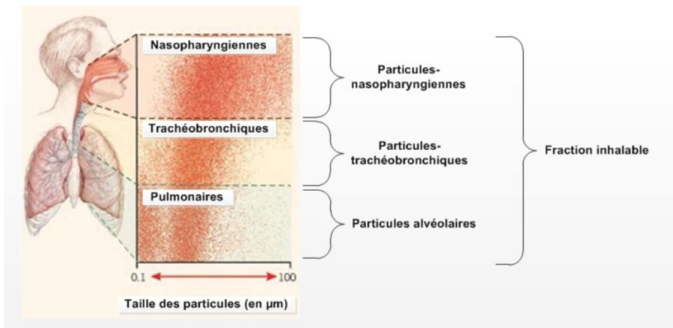
Gouttes : Particules de dimension supérieure à 100 µm, qui peuvent se déposer directement sur les muqueuses du nez, de la bouche ou des yeux et sur des surfaces ou des objets, selon une trajectoire balistique (donc non inhalables).

² Le terme bioaérosols est également utilisé et est défini comme une particule en suspension dans l'air sur laquelle est retrouvée de la matière organique vivante ou morte. Un bioaérosol sera considéré infectieux s'il contient un agent biologique capable de causer une infection.

Tableau 1 Résumé des définitions selon différents organismes ou articles scientifiques

Organisme/article scientifique et date	Définition/Caractéristique		
	Gouttelettes	Aérosols	Noyaux de gouttelettes
Organisation mondiale de la santé (OMS)	▶ Particules de 5 à 10 µm	▶ Particules de moins de 5 µm	▶ Particules de moins de 5 µm
Centers for disease control and prevention (CDC)	▶ Particules ayant un diamètre supérieur à 5 µm	▶ Noyaux de gouttelettes ou petites particules pouvant demeurer en suspension dans l'air et être respirées	▶ Issus de l'assèchement des gouttelettes ▶ Diamètre inférieur ou égal à 5 µm
Agence de santé publique du Canada (ASPC)	▶ Particules de taille supérieure à 10 µm	▶ Particules solides ou liquides en suspension dans l'air ▶ Mouvement est gouverné principalement par la taille des particules, qui est supérieure à 10 µm	▶ Particules aériennes qui résultent d'une gouttelette de laquelle la majeure partie du liquide s'est évaporée ▶ Demeurent en suspension dans l'air
INSPQ (jusqu'à maintenant)	▶ Particules supérieures ou égales à 5 µm pouvant être projetées sur une distance pouvant atteindre deux mètres ▶ Ne restent pas en suspension dans l'air ▶ Peuvent se déposer sur les muqueuses des yeux, du nez ou de la bouche de la personne exposée ainsi que sur une surface à proximité	▶ Particules qui demeurent en suspension dans l'air pour de longues périodes et sur de longues distances (microgouttelettes < 5 µm)	
IDSA (2010)	▶ Particules respirables : diamètre ≤ 10 µm qui pénètrent dans les alvéoles, mais qui peuvent aussi se déposer dans l'arbre respiratoire (équivalent de noyau de gouttelettes) ▶ Particules inhalables : diamètre de 10 µm à ≤ 100 µm, qui se déposent majoritairement dans les voies respiratoires supérieures		
Roy et Milton (2004)	▶ Gouttes balistiques : particules de plus de 100 µm ▶ Particules inhalables : ≤ 100 µm, qui se déposent dans le nez ou la gorge ▶ Particules thoraciques : ≤ 10 µm et jusqu'à 15 µm, qui se déposent dans les bronches ▶ Particules respirables : de 2,5 à 5 µm, qui se rendent jusqu'aux alvéoles pulmonaires		
Tellier (2006)	Particules de 5 µm qui peuvent rester jusqu'à 30 minutes en suspension dans l'air à partir d'une hauteur de 1,5 mètre		
Marr et al. , 2019	La période de suspension d'une particule dans l'air ne dépend pas uniquement de son diamètre aérodynamique, mais également de sa composition ainsi que des conditions ambiantes		

Figure 1 Régions où se déposent les particules de tailles diverses dans les voies respiratoires (adapté de Roy et Milton (2004) par l'ASPC, 2017)



En bref, les aérosols sont principalement générés à partir de la source infectée, par la toux, les éternuements, le fait de parler ou de respirer; leur taille n'est pas statique, tel qu'abordé dans la section suivante.

4 Dynamique des aérosols

D'entrée de jeu, le comportement des aérosols présenté dans cette section est situé sur un continuum non spécifique au SRAS-CoV-2. Tel que vu précédemment, le terme « aérosols » retenu englobe toute particule de 100 µm et moins, émise par les voies respiratoires et potentiellement inhalables. Majoritairement constitués d'eau, leur taille peut rapidement diminuer après avoir quitté les voies respiratoires (par assèchement ou fractionnement) (Marr *et al.*, 2019). En effet, les particules émises par les voies respiratoires peuvent perdre jusqu'à 80 % de leur taille quelques secondes après leur émission (Marr *et al.* 2019). Ainsi, une particule de 10 µm à la sortie du nez ou de la bouche peut se transformer rapidement en une particule plus petite avant d'atteindre le sol, et donc possiblement rester plus longtemps en suspension dans l'air. On ne connaît toutefois pas l'impact exact que cela peut avoir sur les agents pathogènes contenus dans ces particules.

La demi-vie de suspension dans l'air est variable, entre autres, selon le diamètre aérodynamique d'une particule. Pour une particule d'un diamètre aérodynamique de 5 µm, celle-ci restera suspendue dans l'air pour environ 30 minutes avant de tomber d'une hauteur de 1,5 mètre vers le sol, alors que le temps de suspension est de 12 heures, 1,5 heure,

8 minutes et 6 secondes pour des particules de 1, 3, 10 et 100 µm pour la même distance (Tellier, 2006). Ces estimations sont basées sur des données mesurées en laboratoire et avec l'aide de modèles mathématiques. Elles dépendent surtout de la force gravitationnelle et de la friction de l'air selon les paramètres aérodynamiques des particules en suspension. Dans des conditions de vie réelles, ces estimations vont varier selon les mouvements d'air.

4.1 Dispersion

Les particules de moins de 10 µm pourront se disperser dans la totalité de la pièce occupée par un malade et même à l'extérieur de celle-ci, car elles peuvent rester en suspension dans l'air pendant plusieurs minutes sinon quelques heures et se propager ou être remises en suspension au gré des mouvements d'air (comme les particules contenant les agents de la tuberculose ou de la rougeole). Celles mesurant entre 10 et 50 µm pourront parcourir plus de deux mètres selon la force d'expulsion du malade, lors d'une intervention médicale générant des aérosols (IMGA) et selon les conditions environnantes (Dionne *et al.*, non publié). Pour leur part, les particules de 50 à 100 µm ne se retrouveraient pas à plus de deux mètres de leur source d'expulsion. Cependant, tel que déjà mentionné, ces grosses particules liquides, au contact de l'air ambiant, peuvent s'assécher très rapidement, diminuer de taille et avoir un potentiel de dispersion plus élevé, tout en conservant leur matériel potentiellement infectieux.

4.2 Potentiel d'inhalation

Plusieurs études ont estimé la déposition des particules dans les voies respiratoires (Brown *et al.*, 2013, Oberdörster *et al.* 2005, Vincent, 2005). Il existe des variations entre ces différentes études, mais les résultats sont similaires d'un modèle à l'autre. Ceux-ci démontrent que seules les particules de 10 µm et moins peuvent se déposer dans les alvéoles. Les particules de plus de 10 µm sont filtrées dans les voies respiratoires supérieures. Vincent (2005) rapporte que le dépôt de particules dans les voies respiratoires n'est pas uniforme en fonction de leur taille. Ainsi, pour les personnes qui respirent par le nez, les particules avec un diamètre aérodynamique de plus de 5 µm auront tendance à se déposer dans les voies respiratoires supérieures, alors que la portion des particules entre 0,1 et 1 µm qui se dépose dans les alvéoles est faible.

Les particules de 5 à environ 12 µm se déposent dans l'arbre trachéobronchique avec une efficacité de plus de 20 % (Vincent, 2005).

4.3 Charge microbienne et infectiosité

La taille et le diamètre aérodynamique des particules sont importants non seulement parce qu'ils détermineront le potentiel d'inhalation, mais aussi parce qu'ils ont une influence sur la quantité et la viabilité des virus présents sur des particules de différentes tailles.

Des études réalisées chez des humains ont montré que certaines souches de virus d'influenza A sont davantage présentes dans les particules de moins de 5 µm (virus détecté par test d'amplification des acides nucléiques (TAAN)) (Milton *et al.*, 2013, Nguyen-Van-Tam *et al.* 2020). Une autre étude a aussi démontré que pour les personnes infectées, 7 % des aérosols de plus de 5 µm avaient des TAAN positifs pour l'influenza A, alors que cette proportion augmentait à 16 % pour les aérosols de 5 µm et moins (Nguyen-Van-Tam *et al.* 2020). Dans une autre étude, à partir de particules émises par la toux de personnes infectées, 35 % des particules de plus de 4 µm, 23 % des particules de 1 à 4 µm et 42 % des particules de 1 µm ou moins contenaient des virus d'influenza tels que mesurés par TAAN (Lindsley *et al.*, 2010).

Chez les furets, pour l'influenza toujours, le nombre de virus cultivables était environ cinq fois plus élevé dans les particules de plus de 4,7 µm lorsque comparé aux particules plus petites (Gustin *et al.*, 2011). Les proportions de furets infectés augmentaient avec la taille des particules, avec 10 sur 12 furets infectés avec des particules de moins de 15,3 µm, 6 sur 12 infectés lorsque les particules étaient de moins de 7,9 µm et 4 sur 12 furets infectés avec des particules de moins de 4,7 µm. Il est à noter que, bien que la majorité des particules émises par les furets étaient de moins de 1,5 µm (77 %), la majorité des virus étaient sur des particules de 4 µm ou plus (Zhou *et al.*, 2018). Cette expérience a été en partie reproduite par une équipe de Québec, où il a été démontré que des furets pouvaient être infectés par voie aérienne que par des particules de plus de 1,7 µm (Turgeon *et al.*, 2019).

Dans une étude sur des virus infectant les porcs, seuls les virus contenus dans des particules de plus de 2,1 µm étaient cultivables (Alonso *et al.*, 2015).

La grande variabilité dans les données décrites dans les paragraphes précédents illustre le caractère complexe des aérosols et le manque de précisions sur la taille exacte des particules infectieuses. Ces données semblent toutefois indiquer que les très petites particules seraient moins infectieuses. Il est à noter que les études chez les humains ont été réalisées à l'aide de TAAN, qui ne renseignent pas sur le potentiel infectieux, alors que les études animales rapportent les données à partir de virus cultivés.

5 Position de différents organismes de santé publique et réglementaires concernant la transmission du SRAS-cov-2

L'INSPQ s'est également intéressé aux modes de transmission du SRAS-CoV-2 rapportés par différents organismes reconnus.

Les Centers for Disease Control and Prevention (CDC) ont énoncé que la contribution de la transmission du SRAS-CoV-2 par aérosols à distance pourrait survenir dans des circonstances spécifiques, soit dans des milieux intérieurs fermés, lors d'une exposition prolongée et en l'absence de ventilation adéquate, mais que la voie principale de transmission demeurerait par un contact rapproché et prolongé entre une personne infectée et une susceptible. Cette position est partagée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) en France, le gouvernement du Royaume-Uni, le National COVID-19 Science Task Force en Suisse, l'état de Victoria en Australie, Toronto Public Health, le Centre de Collaboration Nationale en Santé Environnementale (CCNSE) et par Santé Canada. Les conditions sous lesquelles la transmission par aérosols à distance peut se produire peuvent aussi inclure les espaces restreints à forte densité d'occupation, avec des conditions environnementales de température et d'humidité propices et où des activités telles que le chant ou l'exercice physique sont pratiquées.

Certains organismes émettant des lignes directrices en matière d'ingénierie des bâtiments se sont prononcés sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols. L'American Society of Heating, Refrigerating and Air-

Conditioning Engineers (ASHRAE) affirme, dans un document portant sur les aérosols infectieux, que la transmission du SRAS-CoV-2 par l'air est suffisamment possible pour justifier le contrôle par des modifications aux systèmes de ventilation, chauffage et climatisation. La Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA) a fait des recommandations pour opérer les systèmes de ventilation, chauffage et climatisation afin de prévenir la transmission du SRAS-CoV-2. Elle y mentionne qu'il y a des preuves de la transmission de ce virus par des aérosols à distance, que cette voie est maintenant reconnue, mais que l'importance relative des différents modes de transmission reste à déterminer. L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), dans un rapport sur la ventilation en milieux industriels durant la pandémie de COVID-19, énonce que la transmission de la maladie est susceptible de survenir par l'inhalation de particules infectieuses qui demeurent en suspension dans l'air pour une longue période ou qui sont distribuées par les courants d'air intérieurs.

6 Processus de transmission du SRAS-CoV-2

Selon l'état actuel des connaissances, le processus de transmission du SRAS-CoV-2 peut être illustré en résumant un ensemble de liens étroits et complexes entre la source de l'agent infectieux (le microorganisme), l'hôte et l'environnement. Ainsi, toutes les expositions n'entraînent pas systématiquement une infection.

6.1 Émetteur

Lorsqu'une personne infectée et contagieuse respire, parle, tousse, éternue ou chante, des particules de différentes tailles sont émises en quantité variable. Tel que vu précédemment, plusieurs études ayant retrouvé de l'ARN viral dans ces particules indiquent l'excrétion du virus SRAS-CoV-2 par les voies respiratoires (Chia *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2020; Lei *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020; Razzini *et al.*, 2020; J. Zhou *et al.*, 2020). Bien que rarement retrouvé en culture, quelques études ont également retrouvé de l'ARN viral dans les selles (Cheung *et al.*, 2020), confirmant que le virus peut se retrouver au niveau du système gastro-intestinal.

Cependant, les données disponibles indiquent que le virus ne semble pas aussi viable et ne rapportent pas de cas de transmission fécale orale.

Excrétion virale

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

Contagiosité

Rappelons que les personnes asymptomatiques et présymptomatiques sont contagieuses. Le rôle exact de la taille des particules sur l'infectiosité n'est pas bien déterminé pour le SRAS-CoV-2. Cependant, selon les études animales disponibles, l'infectiosité semble augmenter avec la taille des particules (voir 4.3). Bien que les plus petites particules aient un pouvoir de pénétration plus grand dans les alvéoles, les données actuelles ne permettent donc pas d'associer ceci à une plus grande infectiosité.

6.2 Transmetteur

Les plus grosses particules, de dimension supérieure à 100 µm (gouttes), peuvent se déposer directement sur les muqueuses du nez, de la bouche ou des yeux. À courte distance, elles peuvent également se déposer sur des surfaces ou des objets et contribuer à la transmission par contact direct (par exemple, se serrer la main) ou indirect par les fomites³ (par exemple, via une poignée de porte), qui est de moindre importance. Des aérosols de différentes tailles (moins de 100 µm) pourront se déplacer en fonction de leur diamètre aérodynamique (distance maximale non précisée, mais probablement quelques mètres).

³ L'annexe 2 présente une revue brève de la littérature concernant la transmission par fomites.

Paramètres environnementaux influençant la transmission

Comme c'est le cas pour d'autres infections respiratoires, la transmission du SRAS-CoV-2 est affectée par les facteurs environnementaux comme la température, le taux d'humidité, la présence de rayons ultraviolets (UV) et la survie du virus dans l'environnement. Une température élevée et le rayonnement UV favoriseraient l'inactivation du virus alors que l'effet de l'humidité est plus complexe.⁴

6.3 Récepteur

Le développement de l'infection à SRAS-CoV-2 par un individu est influencé par de nombreux facteurs, dont certains sont abordés plus bas.

Hôte

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

Tropisme

Le tropisme d'un agent infectieux se définit comme la porte d'entrée privilégiée (tissus ou cellules cibles) qui sera utilisée par celui-ci pour infecter un hôte. Il est clairement reconnu que les coronavirus doivent d'abord se lier aux récepteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) afin de pouvoir pénétrer dans les cellules de l'hôte et ainsi s'y multiplier. Or, certaines cellules du nez produisent l'enzyme ACE2 en quantité importante, ce qui explique que les cellules de la muqueuse nasopharyngée puissent être un site initial de l'infection. Des chercheurs ont en effet montré que le SRAS-CoV-2 a de 10 à 20 fois plus d'affinités pour le récepteur ACE2 que le SRAS-CoV-1 en raison de la présence de sa protéine de surface S qui favorise cette liaison aux récepteurs.

Par conséquent, c'est également au niveau des voies respiratoires supérieures (nasopharynx et oropharynx) que l'on retrouvera la charge virale la plus élevée au début de la maladie. Il apparaît également que le virus ait une moins bonne affinité à coloniser les bronchioles distales et les alvéoles (Zhang *et al.*, 2020).

Basu (2020) a réussi à illustrer à l'aide d'une simulation numérique le pourcentage de particules qui vont se déposer au niveau du nasopharynx (autres sites non étudiés) en fonction de la taille de la façon suivante :

- 43 % des particules de 10 à 14 µm;
- 24 % pour celles plus grosses de 15 à 19 µm;
- 23 % pour les particules de 2,5 à 9 µm.

Rappelons aussi que les aérosols de 15 à 100 µm, selon le modèle de Roy et Milton (2004), se déposent au niveau du nasopharynx (voir section 2.1).

Dose infectieuse

La présence de virus viable dans l'air à proximité d'une personne infectieuse ne veut pas nécessairement dire que celui-ci est contagieux. Il faut qu'une quantité suffisante de virus (dose infectieuse) soit transmise et inhalée dans un court laps de temps avant qu'une personne puisse développer une infection. Un seul ou quelques virus ne seront habituellement pas suffisants. La dose infectieuse de SRAS-CoV-2 nécessaire pour infecter un humain n'est pas connue et varie possiblement entre les individus. Toutefois, des aérosols de différentes tailles pourraient contribuer à la dose infectieuse de la COVID-19. À partir des données rapportées par Bao *et al.* (2020), le Department of Homeland Security des États-Unis (DHS, 2020) a rapporté une moyenne équivalente à environ 630 à 756 virus cultivables chez les souris lorsqu'inhalés avec des aérosols de moins de 5,7 µm. Par ailleurs, selon une recension narrative publiée par le Department of Homeland Security des États-Unis (DHS, 2020), il faudrait probablement moins de 1000 PFU (1000 virus cultivables) pour infecter un humain. Ceci dit, l'absence d'étude humaine sur le sujet entraîne une grande incertitude dans l'estimation de la dose infectieuse chez l'homme.

⁴ Pour plus d'informations, consulter le document COVID-19 : Environnement intérieur, au <https://www.inspq.qc.ca/publications/2992-environnement-interieur-qc-covid19>

Ce nombre de virus excrétés peut être mis en lien avec la dose infectieuse. En théorie, lorsque la dose infectieuse est faible, la maladie sera plus facilement transmissible. Le nombre de virus transmis sera en lien avec le temps d'exposition à une personne qui excrète des virus. Une dose infectieuse plus faible fera en sorte qu'il faudra moins de temps d'exposition à une concentration donnée de virus pour transmettre la maladie. Toutefois, beaucoup d'inconnus demeurent, comme la taille des particules à partir de laquelle le virus reste intact et garde sa capacité de réplication et la contribution des aérosols de différentes tailles dans la transmission.

Temps d'exposition et proximité du contact

Le temps d'exposition semble d'ailleurs être une variable importante, mais non absolue. Dans une étude cas-témoin en Thaïlande qui portait sur des facteurs de risque de transmission du SRAS-CoV-2, le nombre de contacts qui devenaient des cas augmentait rapidement avec la durée de contact. Lors de contact de 15 minutes ou moins à moins d'un mètre, 5 contacts (2,5 % des cas) ont développé le SRAS-CoV-2, cette proportion augmentant à 7 % et 90 % avec des temps de contact entre 15 à 60 minutes et plus de 60 minutes. Les proportions augmentaient aussi rapidement avec la proximité du contact, plus du deux tiers des contacts qui sont devenus des cas ayant eu un contact direct. Les proportions étaient très différentes chez les contacts qui ne sont pas devenus des cas, de sorte que les ratios de cotes ajustés étaient de 0,15 (IC 95 % 0,04-0,63) pour ceux sans contacts comparés à ceux avec contact direct et 0,24 (IC 95 % 0,07-0,90) pour ceux qui étaient à moins d'un mètre pour moins de 15 minutes par rapport à ceux qui étaient à moins d'un mètre pour plus d'une heure (Doung-Ngern *et al.*, 2020).

Taux de reproduction

Selon une recension des écrits, le taux de reproduction du SRAS-CoV-2 avant la mise en place de mesures de contrôle était entre 2,3 et 2,6 pour les études révisées par les pairs (Biggerstaff *et al.* 2020). Par comparaison, le taux de reproduction de l'influenza pandémique de 2009 était d'environ 1,7 et celui du SRAS-CoV-1 était de 2,4 (Petersen *et al.*, 2020). Le taux de reproduction est associé à la contagiosité du virus et non pas uniquement au mode de transmission.

7 Revue de littérature brève sur la transmission par aérosols - résultats et discussion

Malgré les limites méthodologiques rencontrées dans la majorité des études et qui feront l'objet d'une section spécifique plus loin, l'analyse transdisciplinaire des données expérimentales et épidémiologiques disponibles a permis de dégager certains constats. Mentionnons toutefois que ces constats sont sujets à évoluer, en fonction de nouvelles données disponibles.

7.1 Données épidémiologiques et expérimentales concernant la transmission par les aérosols

Plusieurs études épidémiologiques publiées suggèrent que la transmission par aérosols à distance est possible. Bien que la notion de distance ne soit pas uniforme entre les études, pour les fins de cette recension, une distance de plus de deux mètres a été utilisée. Par ailleurs, pour démontrer sans équivoque une transmission à plus de deux mètres par aérosols, il faut aussi s'assurer que les personnes n'aient pas été en contact rapproché ou indirect à travers un objet ou l'environnement (pour éliminer la transmission par fomites). Ce type de démonstration peut être effectuée, mais les conditions pour observer ce type de transmission lors d'éclosions dans la communauté sont rarement présentes. Par exemple, pour la rougeole, il a été possible de démontrer une transmission à une distance de plusieurs mètres sans l'intermédiaire d'objet entre une personne infectée et des spectateurs dans un stade (Ehresmann *et al.*, 1995).

Les auteurs de plusieurs études ont tenté de détecter la présence de virus dans l'air à proximité de personnes infectées par le SRAS-CoV-2 (voir revue de Birgand *et al.*, 2020). Les différentes études recensées par Birgand utilisent diverses méthodes d'échantillonnage des virus. Certaines méthodes sont appropriées pour mesurer le nombre de virus présent dans l'air, mais pas nécessairement leur viabilité. Les auteurs des études citées dans cette revue de la littérature rapportent que la concentration d'ARN virale des aérosols était très faible à proximité de patients qui étaient installés dans des salles d'isolement avec ventilation mécanique. Des

concentrations d'ARN viraux plus élevées ont été détectées dans l'air des toilettes, des zones publiques ainsi que des salles pour employés. Toutefois, la présence d'ARN viral confirmée dans des échantillons d'air ne signifie pas que le SRAS-CoV-2 ait conservé son pouvoir infectieux. Les auteurs de 5 de ces études ont également tenté de cultiver les virus dans les échantillons prélevés à proximité de patients infectés (Santarpia *et al.*, 2020A, Lednicky *et al.*, 2020, Zhou *et al.*, 2020, Santarpia *et al.*, 2020B, Binder *et al.*, 2020), et deux d'entre elles ont réussi à le faire. Dans la première des deux études, des virus ont été cultivés sur des particules de 4 µm et moins à partir d'échantillons prélevés au pied du lit de patients (Santarpia *et al.*, 2020A). Toutefois, il est possible que les particules retrouvées aient été émises à proximité par le patient et remises en suspension après s'être déposées. Dans la deuxième étude (Lednicky *et al.*, 2020), le virus viable a été isolé à partir d'échantillons d'air prélevés à une distance de 2 à 4,8 m de deux patients. La séquence du génome de la souche SARS-CoV-2 isolée à partir du matériel collecté par les prélèvements d'air était identique à celle isolée à partir de l'écouvillon nasopharyngé du patient atteint d'une infection active. Par contre, on ne précise pas si les patients se sont déplacés durant l'expérience. Ainsi, il est possible que le prélèvement soit celui de particules émises à moins de deux mètres.

Trois autres études n'ont pas réussi à prélever de virus vivant (Zhou *et al.*, 2020, Santarpia *et al.*, 2020B, Binder *et al.*, 2020). Plusieurs raisons pourraient expliquer ces résultats. Dans l'étude de Zhou *et al.* (2020), l'échantillonneur aspirait l'air à un débit très important à 300 litres par minutes, ce qui peut affecter la survie du virus. De plus, le virus a été détecté en faible quantité avec les TAAAN dans l'air avec des valeurs de cycles de seuil de plus de 30 (indiquant la présence de particules virales, viables ou non, en faible quantité). Ce point est pertinent étant donné que les niveaux des cycles de seuil sont corrélés avec la quantité de virus. En effet, le cycle de seuil le plus faible avec lequel des SRAS-CoV-2 ont été cultivés était de 34,3 (Walsh *et al.* 2020).

7.2 Études épidémiologiques portant sur des éclosions et événements dits de supertransmission

L'étude de Lu *et al.* (2020), réalisée dans un restaurant en Chine, a été citée maintes fois comme étant une étude qui démontrait la possibilité d'une transmission à distance par aérosols. Une étude complémentaire à celle-ci, mais qui n'a pas été révisée par les pairs, a analysé beaucoup plus en détail la possible transmission par aérosols à distance d'une personne à l'autre (Li *et al.*, 2020). Dans cette dernière étude, les auteurs ont utilisé des données de vidéos de surveillance pour évaluer si les différentes personnes ont été en contact étroit et les temps d'exposition. De plus, ceux-ci ont utilisé des gaz traceurs pour estimer la dispersion des aérosols dans la pièce. Leurs données de vidéo et de gaz traceurs ont révélé que les membres assis à la table du cas index étaient assez actifs, se levant souvent durant le repas, contrairement aux membres des tables adjacentes avec les cas secondaires. Il n'y avait pas d'interaction entre les membres des différentes tables. Bien que six des contacts qui ont développé la maladie étaient à l'intérieur de deux mètres du cas index, trois contacts étaient à plus de deux mètres, soit à 2,4, 3,6 et 4,6 mètres. Les analyses avec gaz traceurs suggèrent fortement qu'à cause de la disposition des personnes et des flux d'air causés par la climatisation, les trois tables étaient exposées de manière similaire aux particules émises par le cas index pour plus de 53 minutes. Il est important de noter qu'il n'y a pas eu de transmission du virus aux personnes assises aux autres tables ni au personnel du restaurant. Les analyses par gaz traceurs ont aussi démontré que la concentration des aérosols émis par le cas index aurait été plus faible ailleurs dans le restaurant. Ainsi, il est possible que la propulsion très particulière de l'air à cause des climatiseurs, l'absence de ventilation, l'espace restreint, les activités du cas index et le temps prolongé d'exposition dans un coin reculé du restaurant ait mené à une transmission par aérosols à une distance de plus de deux mètres dans cette situation. Il semblerait que les conditions particulières de courant d'air dans cette partie du restaurant auraient fait en sorte que bien que ces personnes auraient été à plus de deux mètres du cas index, leurs expositions auraient été similaires à celles qui étaient à proximité.

L'étude de Shen *et al.* (2020) est aussi citée comme suggérant une transmission par aérosols à distance. Cette étude porte sur une éclosion survenue dans un autobus et un temple bouddhiste dans la province chinoise du Zhejiang. Les différentes comparaisons touchaient les individus exposés dans un autobus et les personnes présentes dans le temple, excluant les personnes dans l'autobus touché. Au total, il y avait 300 personnes présentes à l'événement au temple et 68 personnes dans l'autobus. Tous les passagers de l'autobus provenaient du même district. L'autobus avait un système de ventilation qui était sur le mode réchauffement et recirculation. Pour l'événement, tous étaient dans de grandes foules et personne ne portait de masque. Il y avait un repas servi, avec 10 personnes par table ronde. Le repas a duré de 15 à 30 minutes. Les passagers de l'autobus n'étaient pas assis ensemble pour le repas et étaient répartis de manière aléatoire. Le cas index aurait commencé à développer des symptômes durant la soirée après le retour. Au total, 24 des 68 passagers de l'autobus (excluant le cas index) ont développé une infection. Sur les autres individus présents à la cérémonie, 7 ont reçu un diagnostic de la COVID-19, tous rapportant avoir été en contact étroit avec le cas index. Les auteurs concluent que la transmission aérienne a probablement contribué à l'éclosion dans l'autobus par recirculation de l'air. Cependant, cette étude comporte des limites importantes qui balisent la portée de cette conclusion. Premièrement, selon les auteurs, tous les cas survenus dans l'autobus auraient été infectés après leur contact avec le cas index. Or, les cas secondaires auraient développé des symptômes entre 2 et 24 jours plus tard, avec 16 cas confirmés sur 32 ayant été déclarés 10 jours ou plus après le cas index et 6 cas, 15 jours ou plus après le cas index. Par conséquent, il est probable qu'un nombre non négligeable de cas secondaires survenus beaucoup plus tard que le cas index représentent des chaînes de transmission tertiaire et non secondaire. Il n'est pas possible de savoir si le cas index a été en contact étroit prolongé avec toutes les personnes présentes dans l'autobus, ce qui demeure donc possible. Par ailleurs, il n'est pas impossible que la transmission se soit faite par contact indirect avec l'environnement contaminé (fomites) ou que d'autres personnes dans l'autobus aient été contagieuses en même temps que le cas index.

Une étude néerlandaise décrit une éclosion qui serait survenue dans une résidence pour aînés (de Man *et al.*, 2020). Les auteurs décrivent une situation où 17 résidents sur 21 d'une unité d'un centre pour personnes âgées ont été diagnostiqués par TAAN avec la COVID-19. Par la suite, 17 travailleurs de la santé sur 34 ont été diagnostiqués avec la COVID-19. Les travailleurs de la santé devaient porter des masques chirurgicaux lors des soins aux patients seulement. Les résidents étaient dans des chambres individuelles, mais pouvaient se déplacer et passaient aussi une partie de la journée dans des salles communes sans masque. Dans cette unité, le système de ventilation fonctionnait de sorte que l'air extérieur était mélangé à l'air intérieur seulement lorsque les niveaux de dioxyde de carbone dépassaient 1000 ppm. Autrement, l'air était circulé de nouveau sans filtration. L'air était recirculé par deux unités de climatisation. L'ARN du SRAS-CoV-2 a été détecté dans les unités de climatisation et dans 3 cabinets de ventilation de l'unité. Selon les auteurs, les données suggèrent que l'éclosion a été causée par une transmission par aérosols à distance pour trois raisons : 1) l'éclosion a été très rapide chez les patients et les travailleurs, malgré le port de masques chirurgicaux chez les travailleurs ; 2) l'éclosion est survenue dans une unité avec un système de recirculation d'air sans filtration avec détection du virus dans le système de ventilation ; 3) la transmission a eu lieu à un moment de faible transmission communautaire dans la communauté. Or, il semble que les résidents ne portaient pas de masque et se rassemblaient, tout en étant mobiles. De plus, les auteurs n'ont pas analysé le niveau de ventilation ni les moments où la ventilation aurait été en marche ou non. Les travailleurs ne portaient pas de masque entre eux, donc les possibilités de contamination par contact rapproché sont très réelles. Par ailleurs, la chronologie des infections des travailleurs est différente des résidents, les résidents ayant été affectés en premier, les travailleurs par la suite. Ces données suggèrent plutôt que la transmission aurait pu se produire à la suite de contacts rapprochés.

Une autre étude parfois citée comme démontrant la transmission du virus par aérosols à distance est celle de Park *et al.* (2020) dans un centre d'appel en Corée du Sud. L'enquête a porté sur 922 employés travaillant dans les bureaux commerciaux, 203 résidents vivant dans les appartements résidentiels et 20 visiteurs. Sur les 1 143 personnes qui ont été testées pour la COVID-19, 97 (8,5 %) ont eu un résultat positif. Parmi elles,

94 travaillaient au 11^e étage où il y avait 216 employés (taux d'attaque de 43,5 %). La plupart des employés du 11^e étage se trouvaient du même côté du bâtiment. Le taux d'attaque secondaire des ménages parmi les patients symptomatiques était de 16,2 %, avec 34 cas confirmés. Le premier cas aurait été une personne qui travaillait dans un bureau au 10^e étage (et qui ne serait jamais allée au 11^e étage). Celui-ci aurait présenté des symptômes le 22 février. L'article ne donne pas d'information sur comment les deux premiers cas auraient pu être liés. Le deuxième cas, qui travaillait au centre d'appel du 11^e étage, a développé des symptômes le 25 février. Les chercheurs n'ont pas été en mesure de remonter jusqu'à un autre groupe de cas ou à un cas importé. Malgré l'interaction considérable entre les travailleurs des différents étages du bâtiment dans les ascenseurs et le hall, la propagation de COVID-19 s'est limitée presque exclusivement au 11^e étage. Comme la transmission de COVID-19 était limitée à cet étage, les chercheurs soulignent que la durée de l'interaction (ou du contact) a probablement été le principal facteur de propagation du SRAS-CoV-2. Toutefois, l'étude ne traite pas du type de transmission qui a conduit à l'éclosion. Les auteurs ont émis l'hypothèse que la durée de l'exposition pourrait être un facteur clé, puisque la plupart des cas se sont produits au même étage et à proximité les uns des autres. Il n'a pas été fait mention des conditions environnementales du centre d'appel (y compris la ventilation).

Une étude effectuée en Chine et citée comme démontrant une transmission à distance, présente une investigation d'éclosion dans un centre d'achats (Cai *et al.*, 2020). Le cas index a consulté à l'hôpital le 20 janvier 2020 suite à 11 jours de fièvre et de céphalée. Le 21 janvier, ce patient ainsi qu'un collègue de travail recevaient un résultat de dépistage positif de SRAS-CoV-2. Le 22 janvier, le centre d'achat où travaille le cas index a été fermé. Le 28 janvier, 7 collègues de travail, ainsi que 10 clients avaient reçu un diagnostic de COVID-19. Les 6 collègues de travail qui partageaient le même bureau que le cas index ont aussi reçu un diagnostic de COVID-19. Six autres cas travaillant dans 4 étages distincts du centre d'achat ont aussi reçu le diagnostic. Ces travailleurs n'auraient pas eu de contact direct avec les travailleurs du septième étage. Par contre, les 10 clients auraient eu des contacts directs avec des cas. Les auteurs n'ont pas défini ce qu'était un contact direct. Pour tous les cas, les périodes d'incubation ont été de 7 jours en

moyenne, allant de 1 à 17 jours. Une personne qui aurait été à la source de l'infection serait revenue de Wuhan le 18 décembre 2019. Le 15 janvier 2020, elle a eu de la fièvre (pour la première fois). Elle a été testée le 30 janvier et son résultat s'est avéré positif. Étant donné que pour plusieurs cas, aucun contact avec un autre cas n'a pu être retracé, les auteurs postulent qu'une transmission à distance dans le centre d'achat a pu survenir (soit par aérosols, soit par fomites) pour expliquer les cas chez les travailleurs qui n'avaient pas été en contact direct avec le groupe du 7^e étage. Le tout demeure très spéculatif, car, pour les travailleurs qui ont développé la COVID-19, il n'y a pas d'information sur les contacts possibles, y compris à distance. Ainsi, les auteurs proposent que la transmission aurait pu avoir lieu dans les ascenseurs, les toilettes ou la salle à manger, mais cet énoncé n'est pas une démonstration comme telle de transmission à distance.

Un autre exemple fréquemment cité pour la transmission par aérosols est l'éclosion lors d'une pratique de chorale dans l'État de Washington aux États-Unis. Lors d'une pratique qui a duré 150 minutes, sur 61 personnes présentes, 87 % ont développé, dans les 12 jours qui ont suivi la pratique, des symptômes compatibles avec la COVID-19 et 54 % des personnes ont eu un test positif (Hamner *et al.*, 2020). Une seule personne avec un test positif aurait été symptomatique au moment de la pratique, bien qu'il ne soit pas exclu que d'autres personnes aient pu transmettre la COVID-19 à ce groupe de chanteurs. Il n'y avait aucune mesure de distanciation et mesure de protection lors de cette pratique. Ainsi, dans ce contexte, la transmission par contact étroit et par aérosols à moins de deux mètres peut probablement expliquer la très grande majorité des cas.

Une étude allemande qui affirme démontrer la transmission par aérosols à distance dans une usine de transformation de la viande a été publiée, mais n'a pas été révisée par les pairs (Günther *et al.* 2020). Dans cette étude, les risques d'infection ont été calculés en fonction de la position dans l'entreprise et l'équipe de travail avec des tests statistiques sans enquête épidémiologique pour rechercher les contacts ou une source potentielle. Les résultats démontrent que 4 employés sur 6 289 étaient positifs dans les jours précédant l'enquête, considérés comme des cas non liés par les auteurs. Deux personnes considérées

comme ayant eu des contacts non significatifs avec un cas ont continué de travailler jusqu'au jour quatre où leur test de dépistage par TAAN s'est avéré positif. Huit jours plus tard, 140 travailleurs du même quart de travail ont été testés, dont 18 ont eu un résultat positif. Dans les jours qui ont suivi, 11 nouveaux cas ont été détectés par TAAN. L'éclosion a continué par la suite dans l'entreprise avec plus de 110 nouveaux cas retrouvés. Dans le mois qui a suivi, plus de 1 400 employés se sont avérés positifs. Les auteurs ont génotypé les virus des deux premiers cas, ainsi que celui des 20 cas qui ont suivi. Le génotypage de seul un des deux cas était à la source des 20 autres cas. La proximité à moins de 8 mètres du cas dans la chaîne de montage était fortement associée à la transmission du virus du cas index. Il est important de noter qu'un des travailleurs qui travaillait à moins d'un mètre du cas index n'avait pas un poste fixe. Plusieurs travailleurs étant aussi des « travailleurs d'agence », ils pouvaient travailler ailleurs. D'autres employés partageaient des appartements et voyageaient ensemble dans des fourgonnettes pour se rendre au travail. Le chercheur a compilé des données de l'entreprise, mais ne semble pas avoir pu discuter avec les cas et donc n'a pas pu évaluer si ceux-ci ont été en contact étroit à d'autres moments avec le cas index ou un autre cas, ce qui apparaît une limite importante.

Une étude slovène par Brlek *et al.* (2020) a aussi soulevé la possibilité de transmission indirecte dans un court de squash. L'étude porte sur une éclosion de 5 cas, au moment où il y avait peu de transmission communautaire en Slovénie. Toutefois, les deux couples de joueurs qui ont suivi le couple avec le cas index ont parlé ensemble devant le court, ce qui laisse présager que ceux-ci se connaissaient. Les travailleurs du centre auraient été questionnés et aucun d'eux n'aurait eu des symptômes. Hormis une transmission par aérosols ou par contact indirect avec l'environnement contaminé (fomites), la seule explication alternative plausible est qu'une autre personne au centre aurait été infectieuse, mais probablement asymptomatique. Celle-ci n'aurait pas été responsable du cas index ni de son partenaire, mais aurait pu expliquer la transmission chez les autres cas. Il est malgré tout très possible qu'étant donné le temps d'incubation variable, tous les cas aient contracté le virus à partir de la même source. Cette étude montre la

difficulté de dissocier hors de tout doute la transmission par contact rapproché de la transmission par aérosols à distance dans le cadre d'une investigation épidémiologique.

Une étude a porté sur les facteurs de risque présents lors d'événements dits de supertransmission dans des milieux intérieurs clos (boîte de nuit, stade de boxe et bureau). Cette étude cas-témoin comportait 211 cas et 839 témoins et a été réalisée en Thaïlande (Doung-Ngern *et al.*, 2020). Les auteurs rapportent que 98 % des contacts qui ont contracté le SRAS-CoV-2 étaient à moins d'un mètre d'un cas index. Le reste était à plus d'un mètre, mais la distance exacte et la durée de contact ne sont pas précisées. Au total, 2,5 % des cas de COVID-19 observés étaient associés à des contacts de moins de 15 minutes et à moins d'un mètre de distance ; cette proportion augmentant à 7 % et 90 % avec des temps de contacts se situant entre 15 à 60 minutes et à plus de 60 minutes respectivement. Ainsi, cette étude suggère que presque tous les cas de transmission de SRAS-CoV-2 lors d'un événement dit de supertransmission sont associés à un contact rapproché sur une période de 15 minutes ou plus.

La majorité des infections avec le SRAS-CoV-2 semblent être transmises par une minorité d'individus. Dans une étude sur les contacts de cas, 80 % des infections étaient causées par 8,9 % des individus (Bi *et al.*, 2020). Dans une autre étude de contact de cas, 19 % des cas ont produit 80 % des infections secondaires (Adam *et al.*, 2020). Une étude de modélisation est parvenue à des conclusions similaires où environ 10 % des cas entraînaient 80 % des infections secondaires, souvent dans des événements de transmission de masse (Endo *et al.*, 2020). Des épisodes ponctuels de transmission importante ont été documentés dans la littérature, même pour des événements d'une durée d'une heure (Prakash, 2020). Des situations de transmission importante semblent aussi survenir lorsque les cas index sont peu ou pas symptomatiques (Prakash, 2020). Les événements dits de supertransmission pour la COVID-19 diminuent lors de l'application de certaines mesures de santé publique. Par exemple, à Tianjin en Chine, avant les mesures de contrôle, le paramètre de surdispersion k^5 était de 0,14, alors qu'après l'implantation des mesures, le k a augmenté à 0,77 (Zhang *et al.*, 2020).

⁵ Méthode statistique qui permet d'estimer la dispersion des cas secondaires à partir de cas primaires. Plus la valeur est faible, plus le nombre de cas secondaires est généré par un petit nombre de cas primaires.

Ainsi, il semblerait que des événements dits de supertransmission soient moins nombreux après l'implantation de mesures de santé publique, dont l'interdiction des événements ponctuels avec une présence d'un nombre important de personnes.

Toutes ces études indiquent que des situations où une ou plusieurs personnes contagieuses sont dans des espaces restreints, entassées à moins de deux mètres sont très à risque de transmission. Ces situations vont parfois entraîner des événements dits de supertransmission. Ces événements sont souvent présentés comme preuve de la transmission aérienne, mais bien que ceux-ci démontrent le potentiel explosif de la transmission du SRAS-CoV-2 et la forte contagiosité du virus dans certaines circonstances, ils ne démontrent pas nécessairement que la transmission se fait à distance. Ainsi, pour appuyer plus solidement la voie de transmission à distance, d'autres études devront être publiées qui démontrent le même phénomène.

7.3 Les données expérimentales de transmission par aérosols chez les animaux

Trois études animales portant sur la transmission du SRAS-CoV-2 par voie aéroportée font également état de résultats d'intérêt. Sur la base d'expériences respectivement réalisées à l'aide de furets et de souris, Richard *et al.* (2020) et Bao *et al.* (2020) rapportent que ces animaux ont été infectés par le biais de l'air ambiant à faible distance (10 cm ou moins). Bao *et al.* (2020) montrent que les contacts directs et indirects entre souris entraînaient un plus grand nombre d'infections que le contact aéroporté entre deux cages séparées par une feuille en acier percée. Cette dernière étude, tout comme celle de Richard *et al.* (2020), n'ont pas été en mesure d'évaluer si le virus pouvait se transmettre à plus grande distance par voie aéroportée. Néanmoins, Kutter *et al.* (2020) ont récemment publié un article, non encore révisé par les pairs, dans lequel ils rapportent une transmission aéroportée sur une distance d'un mètre du SRAS-CoV-2 chez deux paires

de furets sur quatre, appuyée par une réponse sérologique chez les animaux récepteurs. Ces études semblent indiquer que le virus est présent et infectieux dans des particules virales aéroportées. Toutefois, le devis ne permettait pas de distinguer la taille des particules qui contenaient des virus.

7.4 Constats

Les études épidémiologiques et expérimentales discutées précédemment permettent de dégager certains constats, qui devront être revus en fonction des nouvelles évidences :

- Le SRAS-CoV-2 est transmis principalement lors de contacts rapprochés (moins de 2 mètres) et prolongés (plus de 15 minutes) entre les personnes.
- Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est augmenté dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupants et lorsque la durée d'exposition est prolongée.
- Les données expérimentales et épidémiologiques disponibles soutiennent une transmission par aérosols à proximité (moins de 2 mètres).
- Lorsque certaines conditions spécifiques sont présentes, comme dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupation et pendant une période prolongée (plus de 15 minutes), les données démontrent que la transmission lors de contacts rapprochés demeure la principale voie impliquée (moins de 2 mètres). Elles suggèrent aussi qu'une transmission par aérosols à distance pourrait survenir. La distance maximale demeure imprécise, mais il est peu probable que ce soit au-delà de quelques mètres.
- La présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans l'air et de virus vivant n'implique pas systématiquement qu'il y ait transmission par voie aérienne tel que décrit pour la tuberculose⁶. À l'heure actuelle, aucune preuve directe ne démontre clairement le mode de transmission par voie aérienne avec le SRAS-CoV-2.

⁶ La transmission par voie aérienne obligatoire concerne les infections qui se transmettent naturellement uniquement par des aérosols qui peuvent voyager sur de très grandes distances (plusieurs mètres) et qui doivent se déposer dans les voies respiratoires inférieures, et ce, sans intervention invasive. Ce mode de transmission implique que l'hôte peut être infecté sans avoir à être proche de la personne source, ni être présent dans la même pièce au même moment (ex. : rougeole). La transmission par voie aérienne préférentielle concerne les infections qui peuvent se transmettre naturellement par plus d'un mode de transmission, mais dont le principal mode de transmission est la voie aérienne telle que décrite précédemment (ex. : varicelle). La transmission par voie aérienne opportuniste regroupe des infections qui se transmettent habituellement par d'autres modes, mais qui peuvent aussi se propager par de fines particules aérosolisées dans certaines conditions particulières, comme la réalisation d'interventions médicales générant des aérosols (IMGA) (INSPQ, 2009).

7.5 Limites méthodologiques

Cette revue narrative cherchait principalement à identifier les connaissances portant principalement sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols en combinant deux revues brèves. À ce titre, il est possible que certaines études soient manquantes.

De façon générale, le potentiel fréquent de biais parmi les études analysées doit inciter à la prudence relativement à l'interprétation des résultats et aux conclusions de ces études. Considérant la faible quantité de données robustes ou d'études de qualité, les connaissances actuelles sont qualifiées de limitées. En effet, des problèmes méthodologiques limitent la validité et la généralisation des résultats, notamment :

- Afin de démontrer une transmission par fomites ou par aérosols, les études doivent indiquer clairement les informations sur les chaînes de transmission, y compris sur les contacts significatifs (rapprochés ou à distance). Sans ces informations, il est impossible de démontrer que la transmission aurait pu se faire soit par un mode, soit par un autre. Malheureusement, très peu d'études publiées sur le sujet ont fait ce type d'analyse, pourtant essentielle.
- Les études qui se sont intéressées à la présence de virus dans les aérosols décrivent leur devis de façon succincte ou sont souvent peu robustes. Dans ces études, il y a parfois une absence de contrôle des variables de confusion qui peuvent influencer la possibilité ou non de retrouver des aérosols (présence de patients, port du masque, système de ventilation, etc.).
- Les techniques d'échantillonnage de l'air sont peu favorables à la détection de la présence et à la confirmation de la viabilité du virus.
- Les comparaisons effectuées avec d'autres virus que le SRAS-CoV-2, auprès d'animaux ou dans des milieux communautaires, peuvent difficilement être extrapolées aux milieux de soins.
- Certaines études n'ont pas été révisées par les pairs.

8 Conclusion

La compréhension de la communauté scientifique quant à la transmission du SRAS-CoV-2 est influencée par l'absence d'un langage commun entre les domaines d'expertise impliqués dans l'étude des aérosols. Le SRAS-CoV-2 est transmis principalement lors de contacts rapprochés (moins de 2 mètres) et prolongés (plus de 15 minutes) entre les personnes. Conformément aux définitions proposées précédemment, lorsque certaines conditions spécifiques sont présentes, comme dans des espaces restreints, ventilés de façon inadéquate, à forte densité d'occupation et pendant une période prolongée (événements dits de supertransmission), les données scientifiques démontrent que la transmission par contacts rapprochés est impliquée (moins de 2 mètres) et pourraient suggérer aussi une transmission par aérosols à distance (distance maximale non précisée, mais il est peu probable que ce soit au-delà de quelques mètres).

Le moment apparaît opportun pour développer un nouveau paradigme sur les modes de transmission de la COVID-19 représentant plus fidèlement la dynamique des aérosols dans le processus de transmission des infections respiratoires. Des travaux devront se poursuivre avec les différents experts concernés afin d'adresser les enjeux, entre autres sur l'application des mesures de PCI en milieux de soins, ainsi que dans d'autres milieux.

D'ici là, tous les efforts doivent être consentis afin de mettre en œuvre un ensemble de mesures pour limiter la transmission du SRAS-CoV-2, tant en milieu communautaire, que dans les milieux de travail et dans les milieux de soins, notamment :

- La limitation des contacts et la distanciation physique;
- L'hygiène et l'étiquette respiratoires;
- L'hygiène des mains;
- La ventilation adéquate;
- Le port d'un masque;
- Le nettoyage et la désinfection de l'environnement;
- L'application des pratiques de base et des précautions additionnelles de PCI recommandées selon le milieu.

Les connaissances sur le SRAS-CoV-2 sont en constante évolution et davantage d'études sont requises, notamment pour préciser la dose infectieuse, la transmission à distance ou la contribution d'autres voies de transmission peu ou pas étudiées (ex. : transmission par aérosolisation fécale). Les constats présentés dans ce document seront revus en fonction de la disponibilité des nouvelles données.

Références

Adam, D.C., Wu, P., Wong, J. Y. *et al.* Clustering and superspreading potential of SARS-CoV-2 infections in Hong Kong. *Nat Med* (2020). <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1092-0>

Agence de santé publique du Canada. Pratiques de base et précautions additionnelles visant à prévenir la transmission des infections dans les milieux de soins (2017). <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/pratiques-de-base-precautions-infections-aux-soins-de-sante.html>

Alonso C, Raynor PC, Davies PR, Torremorell M. Concentration, Size Distribution, and Infectivity of Airborne Particles Carrying Swine Viruses. *PLoS One*. 2015 Aug 19;10(8):e0135675. doi : 10.1371/journal.pone.0135675.

Bao (2020). Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 via Close Contact and Respiratory Droplets Among Human Angiotensin- Converting Enzyme 2 Mice. *The Journal of Infectious Diseases*. DOI: 10.1093/infdis/jiaa28

Bi Q, Wu Y, Mei S, Ye C, Zou X, Zhang Z, Liu X, Wei L, Truelove SA, Zhang T, Gao W, Cheng C, Tang X, Wu X, Wu Y, Sun B, Huang S, Sun Y, Zhang J, Ma T, Lessler J, Feng T. Epidemiology and transmission of COVID-19 in 391 cases and 1286 of their close contacts in Shenzhen, China: a retrospective cohort study. *Lancet Infect Dis*. 2020 Aug;20(8):911-919. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30287-5. Epub 2020 Apr 27. Erratum in: *Lancet Infect Dis*. 2020 Jul;20(7):e148.

Biggerstaff M, Cowling BJ, Cucunubá ZM, Dinh L, Ferguson NM, Gao H, Hill V, Imai N, Johansson MA, Kada S, Morgan O, Pastore Y Piontti A, Polonsky JA, Prasad PV, Quandelacy TM, Rambaut A, Tappero JW, Vandemaële KA, Vespignani A, Warmbrod KL, Wong JY; WHO COVID-19 Modelling Parameters Group. Early Insights from Statistical and Mathematical Modeling of Key Epidemiologic Parameters of COVID-19. *Emerg Infect Dis*. 2020 Sep 11 ; 26 (11). doi: 10.3201/eid2611.201074.

Raquel A Binder, Natalie A Alarja, Emily R Robie, Kara E Kochev, Leshan Xiu, Lucas Rocha-Melogno, Anfal Abdelgadir, Sumana V Goli, Amanda S Farrell, Kristen K Coleman, Abigail L Turner, Cassandra C Lautredou, John A Lednicky, Mark J Lee, Christopher R Polage, Ryan A Simmons, Marc A Deshusses, Benjamin D Anderson, Gregory C Gray, Environmental and Aerosolized Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Among Hospitalized Coronavirus Disease 2019 Patients, *The Journal of Infectious Diseases*, Volume 222, Issue 11, 1 December 2020, Pages 1798-1806 <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa575>

Birgand G, Peiffer-Smadja N, Fournier S, Kerneis S, Lescure FX, Lucet J-C. Airborne contamination of COVID-19 in hospitals: a scoping review of the current evidence. *medRxiv* 2020.09.09.20191213; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.09.09.20191213>

Brek A, Vidovič Š., Vuzem S, Turk K, Simonović Z (2020). Possible indirect transmission of COVID-19 at a squash court, Slovenia, March 2020: case report. *Epidemiology and Infection* 148, e120, 1–3. <https://doi.org/10.1017/S0950268820001326>

Brown JS, Gordon T, Price O, Asgharian B. Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment. *Part Fibre Toxicol*. 2013 ; 10 h 12. Published 2013 Apr 10. doi:10.1186/1743-8977-10-12

Bryukov *et al.* (2020). Increasing Temperature and Relative Humidity Accelerates Inactivation of SARS-CoV-2 on Surfaces. *MSphere*. 5(4):e00441-20. doi : 10.1128/mSphere.00441-20

Cai, J., Sun, W., Huang, J., Gamber, M., Wu, J. et He, G. (2020). Early Release - Indirect Virus Transmission in Cluster of COVID-19 Cases, Wenzhou, China, 2020 - Volume 26, Number 6—June 2020 - *Emerging Infectious Diseases journal* - CDC. 10.3201/eid2606.200412

Pawinee Doung-ngern, Rapeepong Suphanchaimat, Apinya Panjangampathana, Chawisar Janekrongtham, Duangrat Ruampoom, Nawaporn Daochaeng, Napatchakorn Eungkanit, Nichakul Pisitpayat, Nuengruethai Srisong, Oiythip Yasopa, Patchanee Plernprom, Pitiphon Promduangsi, Panita Kumphon, Paphanij Suangtho, Peeriya Watakulsin, Sarinya Chaiya, Somkid Kripattanapong, Thanawadee Chantian, Emily Bloss, Chawetsan Namwat, and Direk Limmathurotsakul Case-Control Study of Use of Personal Protective Measures and Risk for Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Infection, Thailand. *Emerg Infect Dis*. 2020 Sep 15 ; 26 (11). doi: 10.3201/eid2611.203003.

Centers for disease control and prevention (CDC). Scientific Brief: SARS-CoV-2 and Potential Airborne Transmission. Mise à jour le 5 octobre 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/scientific-brief-sars-cov-2.html>. Consulté le 11 octobre 2020.

Centers for disease control and prevention (CDC). (2020). *How COVID-19 Spreads*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html>

Cheng H, Jian S, Liu D, *et al.* Contact Tracing Assessment of COVID-19 Transmission Dynamics in Taiwan and Risk at Different Exposure Periods Before and After Symptom Onset. *JAMA Intern Med.* 2020;180(9):1156–1163. doi:10.1001/jamainternmed.2020.2020

M. Colaneri, y, E. Seminari, y, S. Novati, E. Asperges, S. Biscarini, A. Piralla, E. Percivalle, I. Cassaniti, F. Baldanti, R. Bruno, M.U. Mondelli. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA contamination of inanimate surfaces and virus viability in a health care emergency unit. *Clinical Microbiology and Infection* 26 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.05.009>

D'accolti, M., Soffritti, I., Passaro, A., Zuliani, G., Antonioli, P., Mazzacane, S., ... & Caselli, E. (2020). SARS-CoV-2 RNA contamination on surfaces of a COVID-19 ward in a hospital of Northern Italy: what risk of transmission?. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 24, 9202-9207. 10.26355/eurev_202009_22872

DHS Science and Technology Master Question List for COVID-19 (caused by SARS-CoV-2) Weekly Report 06 October 2020. https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/mql_sars-cov-2_-_cleared_for_public_release_20201006.pdf Consulté le 10 octobre 2020.

Dietz, L., Horve, P. F., Coil, D. A., Fretz, M., Eisen, J. A. et Wymelenberg, K. V. D. (2020). 2019 Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission. *MSystems*, 5(2). 10.1128/mSystems.00245-20

de Man P, Paltansing S, Ong DSY, Vaessen N, van Nielen G, Koeleman JGM. Outbreak of COVID-19 in a nursing home associated with aerosol transmission as a result of inadequate ventilation [published online ahead of print, 2020 Aug 28]. *Clin Infect Dis.* 2020 ; ciaa1270. doi : 10.1093/cid/ciaa1270

Ding, Z., Qian, H., Xu, B., Huang, Y., Miao, T., Yen, H. L., ... & Song, Y. (2020). Toilets dominate environmental detection of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in a hospital. *Science of The Total Environment*, 141710. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141710>

Döhla, M., Wilbring, G., Schulte, B., Kümmerer, B. M., Diegmann, C., Sib, E., ... & Exner, M. (2020). SARS-CoV-2 in environmental samples of quarantined households. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.05.28.20114041>

Doung-Ngern P, Suphanchaimat R, Panjangampattana A, Janekrongtham C, Ruampoom D, Daochaeng N, Eungkanit N, Pisitpayat N, Srisong N, Yasopa O, Plernprom P, Promduangsi P, Kumphon P, Suangtho P, Watakulsin P, Chaiya S, Kripattanapong S, Chantian T, Bloss E, Namwat C, Limmathurotsakul D, Ehresmann KR, Hedberg CW, Grimm MB, Norton CA, MacDonald KL, Osterholm MT. An outbreak of measles at an international sporting event with airborne transmission in a domed stadium. *J Infect Dis.* 1995 Mar;171(3):679-83. doi: 10.1093/infdis/171.3.679.

Endo A, Centre for the Mathematical Modelling of Infectious Diseases COVID-19 Working Group, Abbott S *et al.* Estimating the overdispersion in COVID-19 transmission using outbreak sizes outside China [version 3; peer review: 2 approved]. *Wellcome Open Res* 2020, 5:67 <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.15842.3>

Fernandez-de-Mera *et al.* (2020) Detection of environmental SARS-CoV-2 RNA in a high prevalence setting in Spain. *Transboundray and Emerging Diseases*. Doi: 10.1111/tbed.13817 Fisher *et al.* (2020). Seeding of outbreaks of COVID-19 by contaminated fresh and frozen food. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.08.17.255166>

Thomas Günther, Manja Czech-Sioli, Daniela Indenbirken, Alexis Robitailles, Peter Tenhaken, Martin Exner, Matthias Ottinger, Nicole Fischer, Adam Grundhoff, Melanie M. Brinkmann. Investigation of a superspreading event preceding the largest meat processing plant-related SARS-Coronavirus 2 outbreak in Germany. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654517. Consulté le 6 octobre 2020.

Gustin KM, Belser JA, Wadford DA, *et al.* Influenza virus aerosol exposure and analytical system for ferrets. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2011;108(20):8432-8437. doi:10.1073/pnas.1100768108

Hamner L, Dubbel P, Capron I, *et al.* High SARS-CoV-2 Attack Rate Following Exposure at a Choir Practice - Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020;69(19):606-610. Published 2020 May 15. doi:10.15585/mmwr.mm.6919e6

Harbourt D, Haddow A, Piper A, Bloomfield H, Kearney B, Gibson K, Minogue T. Modeling the Stability of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) on Skin, Currency, and Clothing. *medRxiv* 2020.07.01.20144253; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.07.01.20144253>

Harvey, A. P. *et al.* (2020). Longitudinal monitoring of SARS-CoV-2 RNA on high-touch surfaces in a community setting. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.10.27.20220905>

Hu, X., Xing, Y., Ni, W., Zhang, F., Lu, S., Wang, Z., Gao, R. et Jiang, F. (2020). Environmental contamination by SARS-CoV-2 of an imported case during incubation period. *Science of The Total Environment*, 742, 140620. 10.1016/j.scitotenv.2020.140620

Institut national de santé du Québec (2019). Notions de base en prévention et contrôle des infections : précautions additionnelles, Comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ).

https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2436_prevention_controle_infections_precautions_additionnelles.pdf

Institut national de santé du Québec (2009). Prévention de la transmission des maladies respiratoires sévères d'origine infectieuse (MRSI), de l'influenza aviaire A(H5N1) et de la grippe A(H1N1) d'origine porcine dans les milieux de soins, Comité sur les infections nosocomiales du Québec (CINQ).

https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/948_AvisInfluenzaAH5N1GrippeAH1N1.pdf

Institut national de santé du Québec (2020). Revue rapide de la littérature scientifique : proportion de personnes asymptomatiques et potentiel de transmission de la COVID 19 par ces personnes

<https://www.inspq.qc.ca/publications/2989-asymptotique-transmission-covid19>

Jiang, F. C., Jiang, X. L., Wang, Z. G., Meng, Z. H., Shao, S. F., Anderson, B. D., & Ma, M. J. Early Release-Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 RNA on Surfaces in Quarantine Rooms.

https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/9/20-1435_article?mod=article_inline

Jônatas Santos Abrahão et coll, Detection of SARS-CoV-2 RNA on public surfaces in a densely populated urban area of Brazil: A potential tool for monitoring the circulation of infected patients, *Science of the Total Environment*,

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142645>

Kampf, Günter, Brüggemann, Y., Kaba, H. E. J., Steinmann, J., Pfaender, S., Scheithauer, S. et Steinmann, E. (2020). Potential sources, modes of transmission and effectiveness of prevention measures against SARS-CoV-2. *Journal of Hospital Infection*. 10.1016/j.jhin.2020.09.022

Kanamori, H., Weber, D. J. et Rutala, W. A. (2020). The role of the healthcare surface environment in SARS-CoV-2 transmission and potential control measures. *Clinical Infectious Diseases*. 10.1093/cid/ciaa1467

Karia, R., Gupta, I., Khandait, H., Yadav, A. et Yadav, A. (2020). COVID-19 and its modes of transmission. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, 1-4. 10.1007/s42399-020-00498-4

Lednický et al. (2020). Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.08.03.20167395>

Lindsley WG, Blachere FM, Thewlis RE, Vishnu A, Davis KA, Cao G, Palmer JE, Clark KE, Fisher MA, Khakoo R, Beezhold DH. Measurements of airborne influenza virus in aerosol particles from human coughs. *PLoS One*. 2010 Nov 30;5(11):e15100. doi : 10.1371/journal.pone.0015100.

Yuguo Li, Hua Qian, Jian Hang, Xuguang Chen, Ling Hong, Peng Liang, Jiansen Li, Shenglan Xiao, Jianjian Wei, Li Liu, Min Kang. Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv 2020.04.16.20067728; doi:

<https://doi.org/10.1101/2020.04.16.20067728>

Liu, Y., Li, T., Deng, Y., Liu, S., Zhang, D., Li, H., Wang, X., Jia, L., Han, J., Bei, Z. and Zhou, Y. (2020). Stability of SARS-CoV-2 on environmental surfaces and in human excreta. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.07.20094805>

Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, Zhou D, Yu C, Xu B, Yang Z. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2020 Jul;26(7):1628-1631. doi: 10.3201/eid2607.200764.

Luo, L., Liu, D., Zhang, H., Li, Z., Zhen, R., Zhang, X., ... & Chen, J. (2020). Air and surface contamination in non-health care settings among 641 environmental specimens of 39 COVID-19 cases. bioRxiv.

<https://doi.org/10.1101/2020.07.09.195008>

Marr Linsey C., Tang Julian W., Van Mullekom Jennifer and Lakdawala Seema S. 2019. Mechanistic insights into the effect of humidity on airborne influenza virus survival, transmission and incidence. *J. R. Soc. Interface*.

<http://doi.org/10.1098/rsif.2018.0298>

Milton DK, Fabian MP, Cowling BJ, Grantham ML, McDevitt JJ. Influenza virus aerosols in human exhaled breath: particle size, culturability, and effect of surgical masks. *PLoS Pathog*. 2013;9(3):e1003205.

doi : 10.1371/journal.ppat.1003205

Moore, G., Rickard, H., Stevenson, D., Bou, P. A., Pitman, J., Crook, A., ... & Love, H. E. (2020). Detection of SARS-CoV-2 within the healthcare environment: a multicentre study conducted during the first wave of the COVID-19 outbreak in England. medRxiv.

<https://doi.org/10.1101/2020.09.24.20191411>

Mouchtouri, V. A., Koureas, M., Kyritsi, M., Vontas, A., Kourentis, L., Sapounas, S.,... & Hadjichristodoulou, C. (2020). Environmental contamination of SARS-CoV-2 on surfaces, air-conditioner and ventilation systems. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 113599.

<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113599>

Nelson, A., Kassimatis, J., Estoque, J., Yang, C., McKee, G., Bryce, E., Hoang, L., Daly, P., Lysyshyn, M., Hayden, A. S., Harding, J., Boraston, S., Dawar, M., & Schwandt, M. (2020). Environmental Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from Medical Equipment in Long-Term Care Facilities undergoing COVID-19 Outbreaks. *American journal of infection control*, S0196-6553(20)30643-X. Advance online publication.

<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.07.001>

Nguyen-Van-Tam JS, Killingley B, Enstone J, Hewitt M, Pantelic J, Grantham ML, Bueno de Mesquita PJ, Lambkin-Williams R, Gilbert A, Mann A, Forni J, Noakes CJ, Levine MZ, Berman L, Lindstrom S, Cauchemez S, Bischoff W, Tellier R, Milton DK; EMIT Consortium. Minimal transmission in an influenza A (H3N2) human challenge-transmission model within a controlled exposure environment. *PLoS Pathog*. 2020 Jul 13;16(7):e1008704. doi : 10.1371/journal.ppat.1008704.

NIPH, K. G. (2020). Transmission of SARS-CoV-2 via contact and droplets, 1st update – a rapid review. Norwegian Institute of Public Health. <https://www.fhi.no/en/publ/2020/Transmission-of-SARS-CoV-2-via-contact-and-droplets-1st-updat/>

Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles [published correction appears in *Environ Health Perspect*. 2010 Sep ; 118(9):A380]. *Environ Health Perspect*. 2005 ; 113 (7) : 823-839. doi:10.1289/ehp.7339

Ong SWX, Lee PH, Tan YK, Ling LM, Ho BCH, Ng CG, Wang DL, Tan BH, Leo YS, Ng OT, Wong MSY, Marimuthu K. Environmental contamination in a coronavirus disease 2019 (COVID-19) intensive care unit-What is the risk? *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020 Oct 21 : 1-9. doi: 10.1017/ice.2020.1278.

Park, S., Kim, Y., Yi, S., Lee, S., Na, B., Kim, C. Jeong, E. (2020). Coronavirus Disease Outbreak in Call Center, South Korea. *Emerging Infectious Diseases*, 26(8), 1666-1670. <https://dx.doi.org/10.3201/eid2608.201274>

Pasquarella, C., Colucci, M. E., Bizzarro, A., Veronesi, L., Affanni, P., Meschi, T., Brianti, E., Vitali, P., & Albertini, R. (2020). Detection of SARS-CoV-2 on hospital surfaces. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*, 91(9-S), 76–78. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i9-S.10137> Ryu, B. H., Cho, Y., Cho, O. H., Hong, S. I., Kim, S., & Lee, S. (2020). Environmental contamination of SARS-CoV-2 during the COVID-19 outbreak in South Korea. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.027>

Petersen E, Koopmans M, Go U, Hamer DH, Petrosillo N, Castelli F, Storgaard M, Al Khalili S, Simonsen L. Comparing SARS-CoV-2 with SARS-CoV and influenza pandemics. *Lancet Infect Dis*. 2020 Sep ; 20 (9) : e238-e244. doi : 10.1016/S1473-3099(20)30484-9.

Peyrony, O., Ellouze, S., Fontaine, J. P., Thegat-Le Cam, M., Salmona, M., Feghoul, L., Mahjoub, N., Mercier-Delarue, S., Gabassi, A., Delaugerre, C., Le Goff, J., & Saint-Louis CORE (COvid REsearch) group (2020). Surfaces and equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in the emergency department at a university hospital. *International journal of hygiene and environmental health*, 230, 113600. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113600>

PHO (2020). COVID-19 Routes of Transmission – What We Know So Far. Public Health Ontario. <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/wwwksf-routes-transmission-mar-06-2020.pdf?la=en>

Prakash KM. Eat, Pray, Work: A meta-analysis of COVID-19 Transmission Risk in Common Activities of Work and Leisure. *medRxiv* 2020.05.22.20110726; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.05.22.20110726> (Non révisé par les pairs)

Razzini, K., Castrica, M., Menchetti, L., Maggi, L., Negroni, L., Orfeo, N. V., ... & Balzaretto, C. M. (2020). SARS-CoV-2 RNA detection in the air and on surfaces in the COVID-19 ward of a hospital in Milan, Italy. *Science of The Total Environment*, 742, 140540. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140540>

Richard, M., Kok, A., de Meulder, D., Bestebroer, T. M., Lamers, M. M., Okba, N., Fentener van Vlissingen, M., Rockx, B., Haagmans, B. L., Koopmans, M., Fouchier, R., & Herfst, S. (2020). SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets. *Nature communications*, 11 (1), 3496. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17367-2>.

Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infection - the elusive pathway. *N Eng J Med* 2004;350:1710-2

Santarpia *et al.* (2020A). The Infectious Nature of Patient-Generated SARS-CoV-2 Aerosol. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.07.13.20041632>

Santarpia, J. L., Rivera, D. N., Herrera, V. L., Morwitzer, M. J., Creager, H. M., Santarpia, G. W., Crown, K. K., Brett-Major, D. M., Schnaubelt, E. R., Broadhurst, M. J., Lawler, J. V., Reid, S. P., & Lowe, J. J. (2020B). Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. *Scientific reports*, 10(1), 12732. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69286-3>

Shen, Y., Li, C., Dong, H., Wang, Z., Martinez, L., Sun, Z., & Wang, F. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. *JAMA Internal Medicine*. doi:10.1001/jamainternmed.2020.5225

Sia, S. F., Yan, L.-M., Chin, A. W. H., Fung, K., Choy, K.-T., Wong, A. Y. L., Kaewpreedee, P., Perera, R. A. P. M., Poon, L. L. M., Nicholls, J. M., Peiris, M. et Yen, H.-L. (2020). Pathogenesis and transmission of SARS-CoV-2 in golden hamsters. *Nature*, 583(7818), 834-838. 10.1038/s41586-020-2342-5

Tan, L., Ma, B., Lai, X., Han, L., Cao, P., Zhang, J., Fu, J., Zhou, Q., Wei, S., Wang, Z., Peng, W., Yang, L., & Zhang, X. (2020). Air and surface contamination by SARS-CoV-2 virus in a tertiary hospital in Wuhan, China. *International journal of infectious diseases : IJID : official publication of the International Society for Infectious Diseases*, S1201-9712(20)30571-3. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.07.027>

Turgeon N, Hamelin MÈ, Verreault D, Lévesque A, Rhéaume C, Carbonneau J, Checkmahomed L, Girard M, Boivin G, Duchaine C. Design and Validation with Influenza A Virus of an Aerosol Transmission Chamber for Ferrets. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Feb 19;16(4):609. doi: 10.3390/ijerph16040609.

Van Doremalen, N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N., Tamin, A., Harcourt, J. L., Thornburg, N. J., Gerber, S. I., Lloyd-Smith, J. O., de Wit, E. et Munster, V. J. (2020). Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*, NEJMc2004973. 10.1056/NEJMc2004973 Wu, S., Wang, Y., Jin, X., Tian, J., Liu, J., & Mao, Y. (2020). Environmental contamination by SARS-CoV-2 in a designated hospital for coronavirus disease 2019. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.003>

Vella, F., Senia, P., Ceccarelli, M., Vitale, E., Maltezou, H., Taibi, R., Lleshi, A., Venanzi Rullo, E., Pellicanò, G. F., Rapisarda, V., Nunnari, G. et Ledda, C. (2020). Transmission mode associated with coronavirus disease 2019: a review. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 24(14), 7889-7904. 10.26355/eurev_202007_22296

Vincent JH. Health-related aerosol measurement: a review of existing sampling criteria and proposals for new ones. *J Environ Monit*. 2005 Nov;7(11):1037-53. doi: 10.1039/b509617k.

Walsh, K. A. ; Jordan, K.; Clyne, B.; Rohde, D.; Drummond, L. ; Byrne, P.; Ahern, S.; Carty, P. G.; O'Brien, K. K. ; O'Murchu, E.; O'Neill, M.; Smith, S. M. ; Ryan, M.; Harrington, P., SARS-CoV-2 Detection, Viral Load and Infectivity over the Course of an Infection: SARS-CoV-2 Detection, Viral Load and Infectivity. *J Infect*. 2020 ; 81 (3) : 357-371. doi:10.1016/j.jinf.2020.06.067

World Health Organisation (WHO) (2020). *Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>

World Health Organisation. Infection Prevention and Control of Epidemic-and Pandemic-prone Acute Respiratory Infections in Health Care. Geneva: World Health Organization; 2014. Disponible au https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112656/9789241507134_eng.pdf;jsessionid=41AA684FB64571CE8D8A453C4F2B2096?sequence=1. Consulté le 11 octobre 2020.

Xie, C., Zhao, H., Li, K., Zhang, Z., Lu, X., Peng, H., Wang, D., Chen, J., Zhang, X., Wu, D., Gu, Y., Yuan, J., Zhang, L. et Lu, J. (2020). The evidence of indirect transmission of SARS-CoV-2 reported in Guangzhou, China. *BMC Public Health*, 20(1), 1202. 10.1186/s12889-020-09296-y

Yamagishi, T. (2020). Environmental sampling for severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) during a coronavirus disease (COVID-19) outbreak aboard a commercial cruise ship. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.05.02.20088567>

Ye, G., Lin, H., Chen, L., Wang, S., Zeng, Z., Wang, W., Zhang, S., Rebmann, T., Li, Y., Pan, Z. and Yang, Z., (2020). Environmental contamination of SARS-CoV-2 in healthcare premises. *Journal of Infection*. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.04.034>

Zhang Y, Li Y, Wang L, Li M, Zhou X. Evaluating Transmission Heterogeneity and Super-Spreading Event of COVID-19 in a Metropolis of China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 ; 17 (10) : E3705. Published 2020 May 24. doi:10.3390/ijerph17103705

Zhou J, Wei J, Choy KT, Sia SF, Rowlands DK, Yu D, Wu CY, Lindsley WG, Cowling BJ, McDevitt J, Peiris M, Li Y, Yen HL. Defining the sizes of airborne particles that mediate influenza transmission in ferrets. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018 Mar 6;115(10):E2386-E2392. doi : 10.1073/pnas.1716771115.

Zhou J, Otter JA, Price JR, Cimpeanu C, Garcia DM, Kinross J, Boshier PR, Mason S, Bolt F, Holmes AH, Barclay WS. Investigating SARS-CoV-2 surface and air contamination in an acute healthcare setting during the peak of the COVID-19 pandemic in London. *Clin Infect Dis*. 2020 Jul 8:ciaa905. doi : 10.1093/cid/ciaa905. Epub ahead of print. PMID: 32634826; PMCID: PMC7454437.

Zhou et al. (2020). Investigating SARS-CoV-2 Surface and Air Contamination in an Acute Healthcare Setting During the Peak of the COVID-19 Pandemic in London. *Clinical Infectious Disease*. doi: 10.1093/cid/ciaa905

Annexe 1 Méthodologie et stratégie de recherche selon la source de données - revue de littérature brève sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les aérosols

1. Veille signalétique COVID-PCI

La veille COVID-PCI est majoritairement alimentée par l'équipe chargée de la veille centrale qui relaie l'information pertinente sur la COVID et les mesures PCI par le biais d'Inoreader. Cette veille inclut la littérature scientifique, grise et médiatique.

Période incluse : articles repérés dans la veille du 15 juillet au 15 septembre 2020

Une sélection manuelle des articles scientifiques a initialement été effectuée sur la base du titre et, par la suite, du résumé du texte.

Nombre d'articles à évaluer en texte intégral : 57

Nombre d'articles à faire valider par le comité PCI après la lecture : 17

2. Recherche documentaire dans OVID

Concepts

- ▶ COVID-19, SARS-CoV-2
- ▶ Transmission
- ▶ Gouttelettes, aérosols

Bases de données

- ▶ Medline (Ovid)
- ▶ Embase (Ovid)

Limites

- ▶ Chronologique : 2020-
- ▶ Linguistique : français, anglais
- ▶ Articles parus depuis le 15 septembre 2020 (date d'entrée dans les bases de données)

1 249 résultats avant dédoublement (Medline : 737 ; Embase : 512). 792 résultats après le dédoublement.

235 nouvelles références depuis le 15 juillet. Il se peut qu'il reste quelques doublons dans les résultats transmis et que certains résultats de la mi-juillet se chevauchent avec l'ancien lot de résultats.

Une sélection manuelle des articles scientifiques a initialement été effectuée sur la base du titre et, par la suite, du résumé du texte.

Nombre d'articles à évaluer en texte intégral : 69

Nombre d'articles à faire valider par le comité PCI après la lecture : 9

3. Veille signalétique COVID-Environnement

La veille COVID-Environnement est majoritairement alimentée par l'équipe chargée de la veille centrale qui relaie l'information pertinente sur la COVID et l'environnement par le biais d'Inoreader. La thématique des aérosols a été ajoutée à la veille COVID-Environnement le 7 avril. Cette veille inclut la littérature scientifique, grise et médiatique.

Période incluse : articles repérés dans la veille du 15 juillet au 15 septembre 2020

Stratégie de recherche

Stratégie de recherche pour Ovid. Interrogée le 2020-09-16.

#	Requête	Résultats
1	Coronavirus Infections/tm OR "Pneumonia, Viral"/tm OR ((coronavirus disease 2019/ OR "Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2"/ OR SARS coronavirus/) AND *virus transmission/)	3 593
2	(SARS-CoV-2 OR SARS-CoV2 OR SARSCoV-2 OR SARSCoV2 OR SARS-CoV OR SARSCoV OR Covid-19 OR Covid19 OR Covid OR 2019-nCoV OR 2019nCoV OR nCov2019 OR nCoVy OR WN-CoV OR "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2").hw,kf,kw.	51 003
3	(SARS-CoV-2 OR SARS-CoV2 OR SARSCoV-2 OR SARSCoV2 OR SARS-CoV OR SARSCoV OR Covid-19 OR Covid19 OR Covid OR 2019-nCoV OR 2019nCoV OR nCov2019 OR nCoVy OR WN-CoV OR "severe acute respiratory syndrome coronavirus 2").ti,ab.	105 042
4	aerosols/ OR air microbiology/ OR airborne virus/ OR airborne transmission route/ OR aerosol/ OR (droplet* OR aerosol* OR air OR airborne* OR bioaerosol*).hw,kf,kw.	711 618
5	(droplet* OR aerosol* OR air OR airborne* OR bioaerosol*).ti,ab.	774 685
6	(transmission* OR emission* OR distribution* OR persist* OR spread*).ti,ab.	4 577 033
7	1 AND (4 OR 5)	506
8	(3 ADJ2 6) AND (4 OR 5)	895
9	(5 ADJ2 6) AND (2 OR 3)	643
10	OR/7-9	1 558
11	10 AND (article OR review OR Journal Article OR Case Reports OR Practice Guideline OR Preprint OR Systematic Review OR short survey OR Clinical Trial Protocol OR Comparative Study OR Clinical Trial OR Meta-Analysis OR Systematic Review OR Randomized Controlled Trial).pt	1 379
12	11 AND (english OR french).lg.	1 313
13	limit 12 to yr="2020 -Current"	1 249
14	remove duplicates from 13	792
15	14 and ((20200715 or 20200716 or 20200717 or 20200718 or 20200719 or 2020072\$ or 2020073\$ or 202008\$\$ or 202009\$\$) .ed. or (202029 OR 202030 OR 202031 OR 202032 OR 202033 OR 202034 OR 202035 OR 202036 OR 202037 OR 202038).em.)	253

Annexe 2 Revue de littérature brève sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les fomites

Plusieurs études ont évalué la possibilité de transmission du SRAS-CoV-2 par le biais des surfaces (fomites). Pour démontrer si cette voie de transmission est impliquée dans la propagation du virus, il faut d'abord :

- ▶ Démontrer la présence du virus sur les surfaces;
- ▶ Démontrer la viabilité des virus présents sur ces surfaces :
 - ▶ Dans des conditions expérimentales;
 - ▶ Dans des conditions sur le terrain (non expérimentale);
- ▶ Démontrer que le virus peut se transférer de la surface aux mains et des mains aux voies respiratoires ;
- ▶ Obtenir des évidences épidémiologiques de transmission par les fomites.

Les études qui visent à déterminer la présence de l'ARN viral sur les surfaces utilisent généralement le test d'amplification des acides nucléiques (TAAN).

L'ARN viral est fréquemment détecté dans les milieux de soins sur les surfaces et sa prévalence variait de 2,8 à 72,4 %. Le niveau de détection varie en fonction des endroits échantillonnés et des mesures de nettoyage et de désinfection. À titre d'exemple, l'ARN viral a été documenté à de multiples endroits dans un hôpital du Wuhan avant la mise en place des mesures d'hygiène particulières aux SRAS-CoV-2, entre autres, dans les salles de soins intensifs et les cliniques externes, ainsi que sur les imprimantes, les claviers, les poignées de porte, les distributeurs à savon, etc. (Ye *et al.*, 2020). Les résultats d'autres études témoignent de la présence de surfaces contaminées dans les milieux de soins (Wu *et al.*, 2020, Ryu *et al.*, 2020, Zhou *et al.*, 2020, Nelson *et al.*, 2020, Pasquarella *et al.*, 2020, D'accolti *et al.*, 2020). Dans une étude menée en milieu hospitalier, les surfaces à fort contact (« high touch ») étaient plus susceptibles d'être contaminées par l'ARN du virus que les surfaces à faible contact (« low touch ») (Tan *et al.*, 2020).

Des investigations dans l'environnement de personnes atteintes de la COVID-19 (hors des milieux de soins) ont révélé que de 3,4 à 55,6 % des surfaces étaient contaminées avec l'ARN du SRAS-CoV-2 (Döhla *et al.*, 2020 ; Fernández-de-Mera *et al.*, 2020 ; X. Hu *et al.*, 2020 ; Jiang *et al.*, 2020 ; Luo *et al.*, 2020 ; Mouchtouri *et al.*, 2020 ; Yamagishi, 2020).

L'ARN viral est plus souvent retrouvé dans l'environnement immédiat des personnes infectées (Yamagishi *et al.*, 2020, Jiang *et al.*, 2020, Zhou *et al.*, 2020, Peyrony *et al.*, 2020, Kanamori *et al.*, 2020)

Quelques études ont aussi réussi à détecter de l'ARN viral dans les milieux très fréquentés. Dans le cadre d'une campagne d'échantillonnage massif entreprise dans la ville de Belo Horizonte (6 millions d'habitants), des chercheurs ont réussi à prélever de l'ARN viral, entre autres, sur les surfaces des places publiques, sur les rampes des arrêts d'autobus ainsi que sur les bancs des marchés publics (Santos-Abrahão *et al.*, 2020). Une expérience similaire a été menée dans une ville au Massachusetts (article non révisé par les pairs). Dans cette étude, fait intéressant, la détection du virus sur des surfaces dans l'environnement était fortement corrélée avec l'augmentation de nouveaux cas de COVID-19 déclarés une semaine plus tard (Harvey *et al.*, 2020). Les surfaces échantillonnées étaient celles qui étaient fréquemment touchées (guichets automatiques, bouton pour passage piéton, poignée de porte de commerces, etc.).

En condition expérimentale, le virus peut être cultivable jusqu'à plusieurs jours après inoculation sur différents types de surfaces (Liu *et al.*, 2020, Van Doremalen *et al.*, 2020, Zhou *et al.*, 2020, Harbourn *et al.*, 2020, Bryukov *et al.*, 2020, Fisher *et al.*, 2020, entre autres).

À notre connaissance, aucune équipe de chercheurs n'est parvenue à cultiver de virus présent sur les surfaces en situation non expérimentale (Döhla *et al.*, 2020, Zhou *et al.*, 2020, Santarpia *et al.*, 2020 ; Colaneri *et al.*, 2020, Ong *et al.*, 2020, Moore *et al.* 2020). Par contre, pour un échantillon de surface, une de ces équipes a observé la présence de virions de SRAS-CoV-2 intacts suite à 3 jours de mise en culture. Il n'est cependant pas possible pour l'instant de faire un lien entre cette observation et l'infectiosité du virus (Santarpia *et al.*, 2020).

Selon un auteur, le virus ne serait pas cultivable si le cycle de seuil pour détecter l'ARN viral est de plus de 30, car leur nombre serait trop faible (Zhou *et al.*, 2020)⁷. Par contre, le nombre de cycles de seuil peut varier selon le test utilisé. De plus, à notre connaissance, il n'y a pas de tests standardisés qui permettent d'établir une corrélation entre les valeurs des cycles de seuils et la possibilité de cultiver des virus. Dans ce contexte, les cycles de seuils doivent être interprétés avec prudence et doivent servir de guide plutôt que de mesures absolues. Les cycles de seuil sur les surfaces étaient de plus de 30 pour plusieurs des études recensées, y compris celles dans les hôpitaux et dans la communauté avec des personnes infectées et pour toutes les études portant sur des campagnes d'échantillonnage dans l'environnement (Yamagishi *et al.*, 2020, Peyrony *et al.* 2020, Pasquarella *et al.*, 2020 ; Ding *et al.*, 2020 ; Fernandez-de-Mera *et al.*, 2020, Harvey *et al.*, 2020, Santos-Abrahão *et al.*, 2020).

Par contre, dans un hôpital italien, plusieurs échantillons qui ont été pris à proximité des patients et dans une salle de déshabillage se sont avérés positifs, avec des cycles de seuils entre 21,5 et 25,2, entre autres, sur les bords de lit en métal, les poignées de porte, l'équipement médical, les comptoirs d'équipement médicaux, et les dispositifs pour se nettoyer les mains (Razzini *et al.*, 2020)⁸. Des prélèvements dans des unités de soins dans des hôpitaux de Belo Horizonte ont permis de détecter de l'ARN viral à des cycles de seuils qui allaient jusqu'à 22,2 (Santos-Abrahão *et al.*, 2020)⁹. Les auteurs d'une autre étude non révisée par les pairs ont détecté de l'ARN viral avec des cycles de seuil qui variaient de 28,8 à 39,1 (Moore *et al.*, 2020)¹⁰. Les auteurs ont tenté de cultiver le virus lorsque le cycle de seuil était sous 34, sans succès.

À notre connaissance, il y a très peu d'études épidémiologiques qui supportent la transmission par les fomites comme mode de transmission de la COVID-19. Les devis nécessaires pour démontrer ce lien sont très complexes, entre autres à cause des autres voies de transmission possibles et en fin de compte, lorsque ce mode de transmission est invoqué, il relève plus d'un processus d'exclusion que d'une démonstration claire d'une transmission indirecte (Brek *et al.*, 2020 ; Cai *et al.*, 2020 ; Xie *et al.*, 2020). Dans l'étude de Xie *et al.*, 2020, selon les auteurs, une personne infectée aurait déposé des sécrétions nasales sur un bouton d'ascenseur. Un contact aurait touché le bouton d'ascenseur, aurait ensuite touché sa bouche avec sa main et aurait ainsi contracté le virus. Cet exemple de transmission, bien que plausible, demeure anecdotique. Aussi, la transmission par les fomites demeure possible, mais la preuve n'est pas nécessairement très robuste.

Par ailleurs, une étude expérimentale sur des hamsters a démontré qu'une transmission du SRAS-CoV-2 par les surfaces contaminées était possible chez l'animal (Sia *et al.*, 2020).

⁷ Le cycle de seuil correspond au nombre de cycles d'amplification nécessaires pour atteindre une valeur seuil de fluorescence, permettant de déclarer que l'échantillon est positif au SRAS-CoV-2. Ainsi, le nombre de cycles est inversement proportionnel à la concentration de virus dans un échantillon donné.

⁸ L'amplification nucléaire a été effectuée en utilisant le VETfinder « Detection of CoV-19 and SARS and Recovery control in environmental sample » detection kit (Generon s. r. l., San Prospero, Modène, Italie)

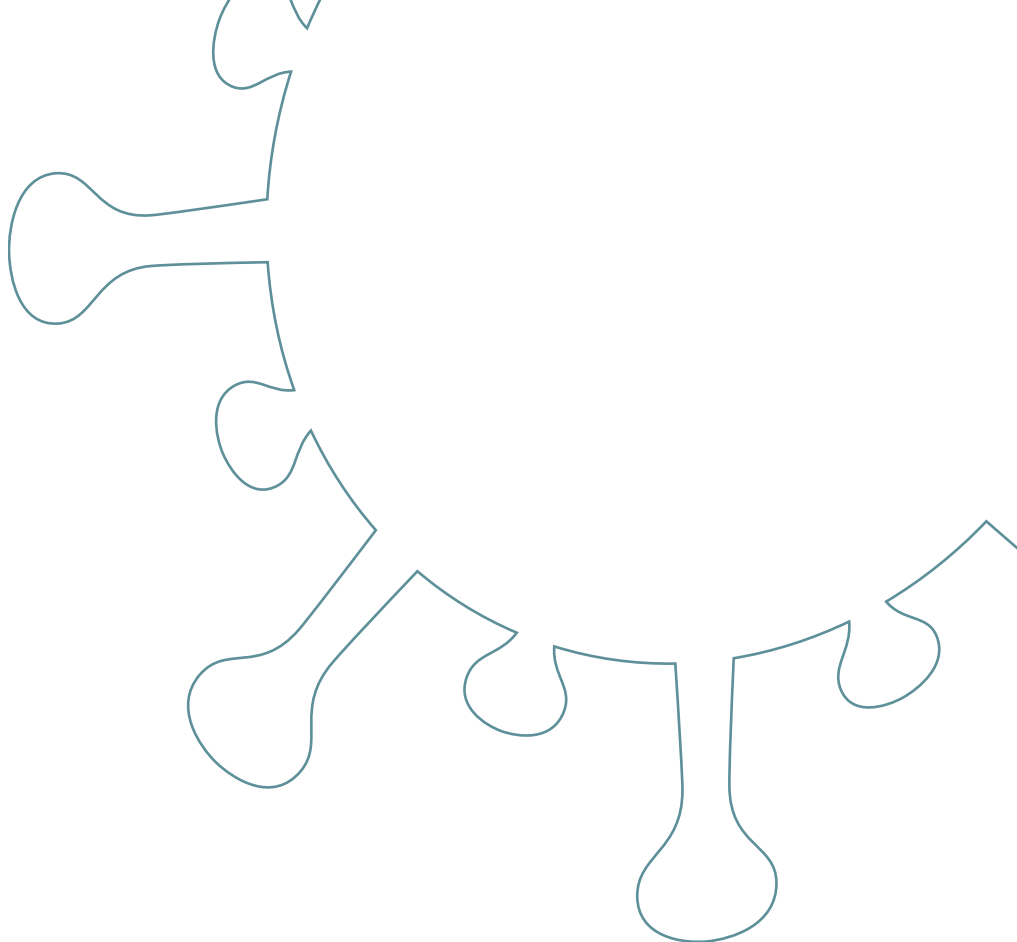
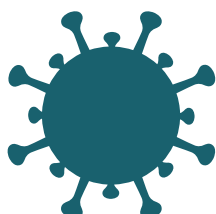
⁹ L'amplification nucléaire a été effectuée en utilisant le QIAmp Viral RNA Mini Kit (QIAGEN, Maryland, États-Unis)

¹⁰ L'amplification nucléaire a été effectuée en utilisant des kits de détection Viasure (CerTest Biotec, Zaragoza).

Ainsi, en conditions de vie réelle, des situations où des surfaces seraient contaminées par des virus en quantité suffisante pour représenter un risque de transmission pourraient être très peu fréquentes. Cependant, cette voie de transmission reste plausible à proximité des personnes qui sont contagieuses et le risque pourrait varier selon les pratiques de désinfection, l'hygiène, le respect des mesures sanitaires et la présentation clinique de la personne infectée.

Malgré qu'aucun cas de transmission clairement et uniquement attribuable au contact avec les fomites (objets et surfaces inertes) n'ait été identifié dans la littérature (des organisations comme les CDC ou l'OMS (CDC, 2020 ; NIPH, 2020 ; PHO, 2020 ; WHO, 2020) ainsi que quelques revues de littérature (Dietz et al., 2020 ; Kampf *et al.*, 2020 ; Kanamori *et al.*, 2020 ; Karia *et al.*, 2020 ; Vella *et al.*, 2020) ont conclu qu'elle s'avère possible. Ceci justifie le respect des mesures d'hygiène et de salubrité, dont la désinfection des surfaces fréquemment touchées, préconisées par les diverses instances gouvernementales.

Centre d'expertise
et de référence



www.inpsq.qc.ca

***Institut national
de santé publique***

Québec

