

SYNTHÈSE

Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances

Publication : Février 2022

Table des matières

Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances	1
Table des matières.....	1
Messages clés.....	3
Sommaire.....	4
Contexte.....	4
Méthodologie.....	4
Résultats.....	4
Transmission sur une courte distance	4
Transmission sur une longue distance.....	5
Facteurs influant sur la transmission des particules respiratoires sur de courtes et de longues distances	5
Taux d'attaque secondaire : milieu et état de la maladie	6
Le SRRS-CoV-2 dans les échantillons d'air	6
Transmissibilité accrue des variants préoccupants	6
Conclusions et retombées sur la pratique	7
Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances	8
Introduction	8
Contexte.....	8
Méthodologie et champ d'application.....	9
Transmission sur une courte distance	10
Principales constatations	10
Littérature primaire	10
Transmission sur une longue distance.....	12
Principales constatations	12
Examens	13
Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances	1

Littérature primaire	14
Facteurs influant sur la transmission des particules respiratoires sur de courtes et de longues distances	19
Principales constatations	19
Examens	20
Littérature primaire	21
Taux d'attaque secondaire : milieu et état de la maladie	25
Principales constatations	25
Examens	25
Littérature primaire	26
Le SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air	27
Principales constatations	27
Examens	27
Littérature primaire	29
Transmissibilité accrue des variants préoccupants (VP).....	30
Limites des études incluses.....	31
Conclusions et orientations futures.....	32
Retombées sur la pratique.....	34
Bibliographie	36
Modèle proposé pour citer le document.....	53
Avis de non-responsabilité.....	53
Santé publique Ontario	53

Messages clés

- Le coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS-CoV-2) se transmet d'une personne infectieuse (source ou cas) à une personne sensible (récepteur ou contact) à travers un spectre de tailles et de distances des particules respiratoires. Les particules respiratoires infectieuses se déposent sur les surfaces muqueuses des personnes ou sont inhalées par les personnes sensibles. Des données probantes indiquent que le risque de transmission du SRAS-CoV-2 augmente à mesure que la distance entre la source et le récepteur diminue, et que la transmission respiratoire par des particules de tailles différentes peut se produire sur de courtes et de longues distances.
- Les voies de transmission respiratoire ne sont pas dichotomiques. Les contributions relatives des gouttelettes respiratoires de plus grande taille par rapport aux aérosols de plus petite taille dans la transmission sur de courtes ou de longues distances à une interaction spécifique entre un cas et un contact varient en fonction des facteurs contextuels qui augmentent le risque de transmission : les caractéristiques environnementales (p. ex. températures plus basses, humidité plus faible, mauvaise ventilation) et les caractéristiques de l'hôte/source (p. ex. expulsions énergiques des particules respiratoires, durée d'exposition plus longue, distance inadéquate et absence de contrôle à la source).
- Les taux d'attaque secondaire peuvent fournir une preuve indirecte de la dynamique de la transmission, en supposant qu'un contact plus étroit et de plus longue durée se produit dans les ménages par rapport aux milieux autres que les ménages. Les données montrent systématiquement que les taux d'attaque secondaire dans les ménages sont supérieurs aux taux d'attaque secondaire dans les milieux autres que les ménages, ce qui indique que le risque de transmission du SRAS-CoV-2 augmente généralement à mesure que la distance entre la source et le récepteur diminue et que la durée du contact augmente.
- Les données d'échantillonnage de l'air indiquent que la transmission par aérosols est plausible à la fois sur de courtes et de longues distances; toutefois, les aérosols chargés de virus peuvent ne pas atteindre la dose infectieuse lors d'expositions transitoires ou sur de longues distances, ce qui réduit le risque de transmission dans ces scénarios.
- Dans le cas des variants préoccupants (VP) tels que Delta et Omicron, il existe des preuves d'un taux d'attaque secondaire plus élevé dans les ménages et des études de cas épidémiologiques démontrent le potentiel de transmission sur de longues distances.
- Plusieurs mesures de contrôle appliquées ensemble dans une approche à plusieurs niveaux sont nécessaires pour atténuer le risque de transmission du SRAS-CoV-2, notamment une couverture vaccinale élevée, un auto-isolément approprié et d'autres mesures administratives, le port d'un masque bien ajusté, la distanciation physique, une ventilation optimisée et l'hygiène des mains. Éviter les espaces clos, les lieux bondés et les contacts étroits réduira le risque de transmission.

Sommaire

Contexte

Cette version remplace la version du 20 mai 2021 intitulée : *La transmission de la COVID-19 par les gouttelettes respiratoires et les aérosols... Ce que nous savons jusqu'à présent*.¹ Traditionnellement, les particules respiratoires >5 micromètres (μm) ou >10 μm sont appelées gouttelettes et on croyait qu'elles entraient en contact direct avec les muqueuses, tandis que les particules plus petites (c.-à-d. les aérosols) étaient inhalées. Cette dichotomie des voies de transmission a été appliquée aux mesures de prévention des infections dans les milieux de soins de santé du monde entier. Toutefois, ces voies ne s'excluent pas mutuellement. Sur une courte distance, dans un rayon d'environ 2 mètres (m), l'infection peut être causée par les aérosols inhalés ainsi que par les gouttelettes qui se déposent sur les muqueuses, ce que nous appelons dans la présente synthèse la **transmission sur une courte distance**. Dans le présent document, nous désignons par transmission sur une **longue distance** ce que l'on appelait traditionnellement la transmission aérienne par inhalation d'aérosols qui sont demeurés en suspension dans l'air sur de longues distances et de longues périodes.^{2,3} Trois éléments clés influencent tous les modes de transmission : la source, la trajectoire et le récepteur.^{4,5} Dans le présent document, le terme « récepteur » désigne les personnes. Les voies de transmission non respiratoires ne font pas l'objet du présent document et ont été examinées dans le document de Santé publique Ontario (SPO) intitulé *Ce que nous savons jusqu'à présent sur les autres voies de transmission de la COVID-19*.⁶

Méthodologie

Une méthodologie d'examen rapide a été employée, c'est-à-dire une approche de synthèse des connaissances où certaines étapes du processus de revue systématique sont omises aux fins d'une publication en temps opportun.⁷ Nous avons effectué des recherches de la littérature récente dans MEDLINE, Embase (8 novembre 2021), dans le portefeuille de la COVID-19 du National Institutes of Health (prépublications) (16 novembre 2021) et dans PubMed (22 décembre 2021), en nous appuyant sur la stratégie de recherche précédente.¹ Nous avons effectué des recherches dans PubMed et Google Scholar le 14 décembre 2021 afin de trouver d'autres articles pertinents. Nous avons inclus des études publiées en anglais, certaines évaluées par des pairs, d'autres non, décrivant les voies de transmission de la COVID-19 par les gouttelettes respiratoires et les aérosols. Nous avons restreint la recherche aux articles publiés après la recherche précédente (22 avril 2021).

Résultats

Transmission sur une courte distance

Les données probantes disponibles indiquent qu'un spectre de tailles de particules respiratoires est impliqué dans les émissions et la transmission respiratoires sur une courte distance. La contribution relative des gouttelettes se déposant sur les muqueuses par opposition aux particules inhalées varierait en fonction de facteurs contextuels, notamment les caractéristiques de la source/récepteur et de la trajectoire. Les données probantes sur la transmission sur une courte distance n'ont pas écarté la

possibilité d'une transmission sur une longue distance, mais ont semblé indiquer que le risque d'infection augmente à mesure que la distance par rapport à une source infectieuse diminue, surtout en l'absence de mesures de protection (p. ex. lors d'une conversation avec une distanciation insuffisante, sans port de masque).

Transmission sur une longue distance

Certaines conditions sont plus susceptibles d'entraîner une transmission sur une longue distance du SRAS-CoV-2, et la contribution relative de la transmission sur une courte distance par opposition à la transmission sur une longue distance ne peut être généralisée dans l'ensemble des événements de transmission du SRAS-CoV-2. Les données probantes appuyant la transmission par aérosols sur une longue distance se sont accrues depuis le début de la pandémie, un plus grand nombre d'exams systématiques et d'études primaires soutenant cette voie de transmission du SRAS-CoV-2. Les études incluses montrent que la transmission par aérosols sur de longues distances est réelle, surtout lorsque la source/le récepteur et les conditions environnementales sont favorables, comme le milieu intérieur, une ventilation inadéquate, une exposition prolongée, une charge virale élevée, certaines activités (chant, exercice physique, cris, etc.) et l'absence du port du masque permettant un contrôle à la source chez le cas index.

Facteurs influant sur la transmission des particules respiratoires sur de courtes et de longues distances

Les principaux facteurs environnementaux contribuant à l'augmentation de la transmission sont les basses températures, la faible humidité, la mauvaise ventilation, la mauvaise circulation de l'air (c.-à-d. depuis des sources potentielles vers des personnes sensibles) et la faible lumière ultraviolette (UV). Dans l'ensemble des études incluses, la mauvaise ventilation est souvent mentionnée comme un facteur particulièrement important contribuant à l'augmentation de la transmission du SRAS-CoV-2.⁸⁻¹⁴ Une ventilation inadéquate peut contribuer à la propagation des aérosols, l'accumulation d'aérosols infectieux étant inversement proportionnelle au nombre d'échanges d'air. Les données probantes relatives au rôle des systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air (CVCA) dans la facilitation de la transmission entre différentes zones de bâtiments ou de navires de croisière étaient incohérentes. En outre, un écoulement d'air turbulent (p. ex. provenant de la toux d'une personne, d'une circulation d'air inappropriée créant des zones d'air recyclé) peut augmenter le risque de transmission.

Une diminution de l'humidité relative peut augmenter le risque de transmission comparativement à des conditions humides en raison de l'évaporation qui contribue à la réduction de la taille des particules respiratoires, ce qui entraîne une augmentation du volume de molécules potentiellement chargées de virus restant en suspension dans l'air. L'augmentation de l'humidité, de la température et de la lumière UV est associée à une réduction du risque de transmission du SRAS-CoV-2 en réduisant la quantité de particules demeurant en suspension dans l'air, et en réduisant la viabilité du virus. Il est également prouvé que les répercussions de ces conditions environnementales intérieures ont des effets d'interaction, ce qui souligne à nouveau l'importance de mettre en œuvre des mesures à plusieurs niveaux plutôt que de compter sur une seule mesure de prévention.

Les principaux facteurs liés à l'hôte et à la source qui contribuent à l'augmentation de la transmission sont les suivants : charges virales plus élevées, concentration plus importante de SRAS-CoV-2 dans l'air, taille plus petite des particules chargées de virus et dose infectieuse. Pour ce qui est du comportement, le manque de distanciation physique, l'augmentation de la vocalisation et de l'expulsion de particules respiratoires (c.-à-d. la toux et les éternuements comparativement à la parole et à la respiration normales) et l'absence du port du masque contribuent tous à accroître le risque de transmission.

Taux d'attaque secondaire : milieu et état de la maladie

Dans les ménages où la distanciation physique, le port du masque et la désinfection des surfaces partagées sont potentiellement impossibles, le risque d'infection est plus élevé que dans les milieux de contacts occasionnels (17-43 % contre 1-13 %, respectivement). Les taux d'attaque secondaire et le risque d'infection sont plus élevés chez les personnes exposées à des cas symptomatiques ou présymptomatiques, plutôt qu'à des cas asymptomatiques. Ces données probantes indirectes ne permettent pas de préciser la proportion d'événements de transmission attribuables à une transmission sur une courte ou une longue distance.

Le SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air

Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est le plus élevé près de la source, car la probabilité de détecter l'ARN du SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air augmente à mesure que la distance d'échantillonnage source-récepteur diminue. La mise en culture de virus viables à partir d'échantillons d'air est relativement rare; toutefois, l'échec de la mise en culture n'indique pas l'absence de virus viables. Le SRAS-CoV-2 est présent dans une large gamme de tailles de particules atmosphériques, en particulier celles de moins de 5 µm de diamètre, ce qui implique qu'elles restent dans l'air pendant de plus longues périodes et peuvent se déplacer sur de plus grandes distances à partir du patient source. Dans l'ensemble, les données d'échantillonnage de l'air indiquent que la transmission par aérosol est plausible à la fois sur de courtes et de longues distances; toutefois, les aérosols chargés de virus sont relativement dilués et donc moins infectieux lors d'expositions passagères ou éloignées.

Transmissibilité accrue des variants préoccupants

Auparavant, SPO a évalué les mécanismes potentiels de la transmission accrue des VP; cependant, rien ne prouve encore que les voies de transmission de l'Omicron ou d'autres VP sont fondamentalement différentes.^{15,16} De nouvelles données probantes révèlent que d'autres VP, comme le Delta, ont une plus grande stabilité dans les aérosols et sur les surfaces, ce qui signifie que le Delta peut être plus facilement transmis par des matières contaminées et des aérosols sur une longue distance, respectivement.^{15,17,18} Bien qu'on ne le sache pas pour l'Omicron, il est possible que la stabilité dans les aérosols et sur les surfaces soit plus grande pour l'Omicron étant donné sa grande transmissibilité. Les taux d'attaque des ménages pour Delta et Omicron sont plus élevés que pour le SRAS-CoV-2 ancestral ou d'autres VP. Des recherches récentes sur la transmission de Delta et d'Omicron ont indiqué que la transmission sur de longues distances par les aérosols était possible.¹⁹⁻²²

Conclusions et retombées sur la pratique

La transmission du SRAS-CoV-2 se fait par l'intermédiaire d'un spectre de particules respiratoires de différentes tailles, par dépôt direct sur les muqueuses et par inhalation sur de courtes et de longues distances. Dichotomiser la transmission du SRAS-CoV-2 entre gouttelettes et aérosols ne reflète pas exactement ce spectre. En fait, l'infection peut se produire par de multiples voies et tailles de particules selon le contexte lié à la source, au récepteur et aux conditions environnementales. Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est plus élevé en cas d'exposition proche (<2 m), non protégée (sans mesures de prévention multiples) et prolongée à une personne infectieuse. Le risque de transmission sur une plus grande distance augmente en cas de ventilation inadéquate ou de ventilation avec recirculation du courant d'air non filtré ou non traité, d'activités impliquant une expulsion accrue d'aérosols (p. ex., crier, tousser, faire de l'exercice) et d'absence de contrôle à la source, de port du masque et de distanciation physique.²³⁻³⁰

Les données probantes soulignent les multiples facteurs contextuels qui influent sur la transmission et l'importance des multiples couches de prévention nécessaires pour atténuer la transmission. Une infographie interactive élaborée par Rutter et coll. (2021) et fondée sur des avis d'experts offre une visualisation utile des voies de transmission du SRAS-CoV-2 et estime le risque d'infection en fonction de divers facteurs liés à la source, au récepteur et à l'environnement.³¹ Nous recommandons une approche qui met l'accent sur l'importance d'optimiser les mesures à plusieurs niveaux pour prévenir la transmission du SRAS-CoV-2, dans le but de réduire la morbidité et la mortalité. Plusieurs ressources existent pour guider les communautés (p. ex. lieux de travail non liés aux soins de santé, espaces publics et privés) sur la façon de réduire le risque de transmission du SRAS-CoV-2 par une approche à plusieurs niveaux de mesures de santé publique conçues pour atténuer la transmission.³²⁻³⁴

La pierre angulaire d'une approche à plusieurs niveaux de la prévention du SRAS-CoV-2 est une combinaison de mesures visant à atténuer l'exposition, en particulier dans les espaces clos, les lieux bondés et les situations de contact étroit. Le degré de nécessité ou de possibilité des différents niveaux d'atténuation dépendra du milieu et du contexte de risque, sachant que tout le monde ne peut pas éviter les espaces clos, les lieux bondés et les situations de contact étroit. Il est possible d'atténuer la transmission de plusieurs façons : se faire vacciner, rester chez soi si l'on présente des symptômes de la COVID-19 ou si l'on a été exposé à une personne infectée par le SRAS-CoV-2, limiter le nombre et la durée des contacts avec des personnes en dehors de son ménage, en particulier à l'intérieur, assurer la distanciation physique et éviter les lieux intérieurs bondés, améliorer la ventilation et/ou la filtration à l'intérieur, porter un masque (appareil respiratoire n'ayant pas fait l'objet d'essais d'ajustement, masque médical ou masque non médical à trois couches bien ajusté), pratiquer l'hygiène des mains, respecter l'étiquette respiratoire et procéder au nettoyage de l'environnement.

Les mesures ci-dessus sont des moyens efficaces de réduire le risque de transmission, quelle que soit la contribution relative de la taille des particules respiratoires à la transmission. Certains contrôles seront plus efficaces que d'autres et c'est la combinaison et l'application cohérente de ces contrôles qui sont les plus efficaces pour réduire la propagation des maladies.

Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances

Introduction

Santé publique Ontario (SPO) surveille, examine et évalue activement les renseignements pertinents concernant la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19). **La présente synthèse remplace la version de mai 2021 intitulée : [La transmission de la COVID-19 par les gouttelettes respiratoires et les aérosols... Ce que nous savons jusqu'à présent.](#)**¹ La version mise à jour se concentre sur les données probantes provenant d'examen systématiques, de méta-analyses et d'études primaires récemment publiées, car l'ensemble de preuves concernant la transmission sur de courtes et de longues distances a augmenté depuis la dernière version. La transmission du SRAS-CoV-2 peut également se faire par des voies non respiratoires, comme le contact des muqueuses avec une main contaminée par des fluides contenant le virus; ces voies ne font pas l'objet du présent document et ont été examinées dans le document de SPO intitulé *Ce que nous savons jusqu'à présent sur les autres voies de transmission de la COVID-19.*⁶

Contexte

Le diamètre des particules respiratoires qui contiennent des micro-organismes pouvant causer des infections respiratoires varie d'environ 0,01 micromètre (μm) à plus de 100 μm .³⁵ Les particules de plus de 100 μm jouent un rôle dans la transmission des infections respiratoires en se déposant sur les surfaces muqueuses, comme les narines, la bouche et les yeux. Les particules respiratoires plus petites se déposent sur le sol ou restent en suspension dans l'air sous forme d'aérosols pendant des périodes variables, et sont affectées par des facteurs tels que la taille des particules (les plus grosses se déposant plus rapidement), la gravité, les courants d'air, la température et l'humidité. Ces facteurs dictent la façon dont les particules respiratoires se déplacent, s'évaporent et restent en suspension dans l'air;^{27,36} elles peuvent être inhalées ou se déposer sur les surfaces muqueuses des récepteurs.^{27,36,37} Ainsi, trois éléments clés influencent le mode de transmission : la source, la trajectoire et le récepteur.^{4,5}

Traditionnellement, les particules respiratoires >5 micromètres (μm) ou >10 μm sont appelées gouttelettes et on croyait qu'elles entraient en contact direct avec les muqueuses, tandis que les particules plus petites (c.-à-d. les aérosols) étaient inhalées. Cette dichotomie des voies de transmission a été appliquée aux mesures de prévention des infections dans les milieux de soins de santé du monde entier. Toutefois, ces voies ne s'excluent pas mutuellement. Sur une courte distance, dans un rayon d'environ 2 mètres (m), l'infection peut être causée par les aérosols inhalés ainsi que par les gouttelettes qui se déposent sur les muqueuses, ce que nous appelons dans la présente synthèse la **transmission sur une courte distance**. Dans le présent document, nous désignons par transmission sur une **longue distance** ce que l'on appelait traditionnellement la transmission aérienne par inhalation d'aérosols qui sont demeurés en suspension dans l'air sur de longues distances et de longues périodes.^{2,3}

Nous décrivons la transmission au moyen d'études épidémiologiques, d'études expérimentales ou d'études de simulation, ainsi que par des études de modélisation statistique ou mathématique. La modélisation montre ce qui est possible, les études expérimentales, ce qui est plausible, et les études épidémiologiques, ce qui se produit réellement, et chaque type de données est assujéti à des limites. Cependant, les voies de transmission exactes du SRAS-CoV-2 dans des cas réels ne peuvent qu'être déduites des données disponibles.

L'objectif de cet examen rapide est d'exposer et de mettre à jour les données probantes concernant le rôle des particules respiratoires dans la transmission du SRAS-CoV-2. Nous avons résumé les données probantes à l'appui de la transmission sur de courtes et de longues distances, ainsi que les facteurs influant sur la transmission des particules respiratoires.

Méthodologie et champ d'application

Une méthodologie d'examen rapide a été employée, c'est-à-dire une approche de synthèse des connaissances où certaines étapes du processus de revue systématique sont omises aux fins d'une publication en temps opportun.⁷

Nous avons effectué des recherches de la littérature récente dans MEDLINE, Embase (8 novembre 2021), dans le portefeuille de la COVID-19 du National Institutes of Health (prépublications) (16 novembre 2021) et dans PubMed (22 décembre 2021), en nous appuyant sur la stratégie de recherche précédente¹ (stratégie disponible sur demande). Nous avons inclus des études publiées en anglais, certaines évaluées par des pairs, d'autres non, décrivant les voies de transmission de la COVID-19 par les gouttelettes respiratoires et les aérosols. Nous avons restreint la recherche aux articles publiés après la recherche précédente (22 avril 2021). Cet examen rapide s'est concentré sur les données probantes provenant d'examens systématiques et de méta-analyses, complétées par la documentation primaire, le cas échéant. Nous avons passé en revue les documents cités dans les articles retenus pour repérer des études additionnelles.

La recherche actualisée a donné lieu à 3 529 documents, dont nous avons vérifié la pertinence. Compte tenu des données probantes accrues selon lesquelles la transmission par voie aérienne se produit sur un continuum plutôt que distinctement sur de courtes plutôt que de longues distances, les résultats ont été réorganisés pour présenter de manière plus générale les données probantes concernant la transmission sur une courte distance, celles concernant la transmission sur une longue distance, les facteurs influant sur la transmission des particules respiratoires sur de courtes et de longues distances, les taux d'attaque secondaires (AS) et la détection du SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air.

Les études de séquençage du génome entier (WGS) ont été incluses comme étant pertinentes; cependant, il est important de noter une mise en garde concernant les études WGS en tant que donnée probante soutenant un lien entre les cas et les contacts. Des résultats WGS identiques ou presque identiques ne confirment pas nécessairement à eux seuls un lien épidémiologique direct entre les cas et n'écartent pas la possibilité de sources infectieuses multiples. D'autres facteurs contextuels importants à prendre en compte lors de l'interprétation de l'épidémiologie des événements de transmission ou d'éclosion comprennent la souche de SRAS-CoV-2 circulant localement, ainsi que les comportements et les antécédents d'exposition des cas et des contacts.

L'examen des stratégies de prévention et de contrôle des infections (SPCI) concernant des contextes et scénarios de transmission individuelle ne relevait pas de la portée du présent document. L'application de mesures de contrôle progressives hors des établissements de soins de santé fait l'objet d'une brève discussion dans la section conclusion. Pour obtenir d'autres renseignements sur les SPCI dans les milieux de soins de santé, veuillez consulter le document technique de SPO intitulé *Recommandations en PCI concernant l'utilisation d'équipements de protection individuelle pour la prise en charge des personnes dont l'infection à la COVID-19 est suspectée ou confirmée* et le document intitulé *Lignes directrices provisoires sur la prévention et le contrôle des variants préoccupants du SRAS-CoV-2 à l'intention des lieux de soins de santé*.^{38,39}

Avant l'étape de la publication, des experts de SPO passent en revue tous les documents de la série « Ce que nous savons jusqu'à présent ». Comme les données scientifiques évoluent rapidement, l'information contenue dans le présent document reflète l'information qui était à jour au moment de nos recherches documentaires respectives.

Transmission sur une courte distance

La transmission sur une courte distance peut se produire par le dépôt de particules respiratoires sur les muqueuses ainsi que par l'inhalation de particules respiratoires. Nous avons inclus un total de 13 études primaires, y compris cinq nouvelles études ajoutées dans cette mise à jour; les études ont utilisé des concepts épidémiologiques, expérimentaux et de modélisation.

Principales constatations

Les données probantes disponibles indiquent qu'un spectre de tailles de particules respiratoires est impliqué dans les émissions et la transmission respiratoires sur une courte distance. La contribution relative des gouttelettes se déposant sur les muqueuses par opposition aux particules inhalées varierait en fonction de facteurs contextuels, notamment les caractéristiques de la source/récepteur et de la trajectoire. Les données probantes sur la transmission sur une courte distance n'ont pas écarté la possibilité d'une transmission sur une longue distance, mais ont semblé indiquer que le risque d'infection augmente à mesure que la distance par rapport à une source infectieuse diminue, surtout en l'absence de mesures de protection (p. ex. lors d'une conversation avec une distanciation insuffisante, sans port de masque).

Littérature primaire

MODES DE TRANSPORT

La dynamique de la transmission dans le contexte des voyages et des modes de transport a été examinée dans cinq études épidémiologiques qui ont évalué les événements de transmission ou d'éclosion au cours de voyages en avion,⁴⁰⁻⁴² en autobus⁴³ et en train.⁴⁴ Dans l'ensemble, ces études confirment que le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est plus élevé à proximité d'un cas infectieux. Par exemple, une étude de Hu et coll. (2021) a porté sur 177 avions en provenance de Wuhan, en Chine, avant le confinement pandémique (janvier 2020), avec 5 797 passagers et un total de 175 cas index.⁴² Le risque relatif (RR) d'infection par le SRAS-CoV-2 et les taux d'attaque (TA) étaient les plus élevés pour les passagers assis juste à côté des cas index (RR : 27,8, intervalle de confiance [IC] de 95 % : 14,4-53,7; TA :

9,2 %, IC de 95 % : 5,7-14,4). Pour les passagers d'une même rangée, le RR était de 10,6 (IC de 95 % : 5,3-21,1). Les limites supérieures des TA augmentaient également avec la durée du voyage.⁴²

Ces résultats sont corroborés par d'autres études menées au Japon, en Angleterre et en Chine, qui ont également constaté que les TA et les risques d'infection augmentaient à mesure que la distance par rapport aux cas index diminuait dans le contexte des voyages en avion ou en train.^{40,41,44} La présence d'un grand nombre de personnes dans un espace clos, le contact étroit, l'incohérence ou l'absence du port du masque et les processus d'hygiène et de désinfection inadéquats ont également été cités comme des facteurs facilitant la transmission sur de courtes distances.^{41,43} Il convient de noter que ces cinq études sur les modes de transport ont évalué des voyages et des événements d'écllosion qui se sont produits au début de la pandémie de COVID-19, avant une couverture vaccinale généralisée et avant l'apparition des VP. De plus, bien que ces études n'excluent pas de manière concluante une certaine contribution de la transmission sur de longues distances, elles confirment systématiquement que le risque d'infection est plus élevé sur une courte distance et à des durées d'exposition plus longues.

ÉTABLISSEMENTS DE SOINS DE SANTÉ

Deux études menées en Irlande et aux États-Unis ont porté sur les infections par le SRAS-CoV-2 associées à des établissements de soins de santé et ont conclu qu'elles étaient très probablement attribuables à une transmission sur une courte distance.^{45,46} Lucey et coll. (2020) ont étudié 50 cas de SRAS-CoV-2 contractés en milieu hospitalier entre mars et avril 2020 et ont signalé que la majorité des infections concernaient des patients ayant nécessité des soins importants et prolongés de la part des fournisseurs de soins de santé.⁴⁶ Les auteurs ont conclu que le mode de transmission probable entre les travailleurs de la santé et les patients était la transmission sur une courte distance et le contact étroit, plutôt que la transmission sur une longue distance. Notamment, l'utilisation de masques par les fournisseurs de soins de santé n'était pas universelle et les patients ne portaient pas de masques.⁴⁶

Klompas et coll. (2021) ont étudié trois événements de transmission sur une courte distance associés aux soins de santé dans le Massachusetts, aux États-Unis (de novembre à janvier 2021) où la transmission par aérosols sur de courtes distances était probable. Des masques étaient portés soit par la source, soit par le contact, et dans deux des trois cas, le contact portait également des lunettes de protection.⁴⁵ Dans tous les cas, il y a eu de longues périodes de contact étroit (≤ 1 m) entre les cas infectieux et les contacts, notamment une procédure médicale, une évaluation de l'oropharynx et une discussion en tête-à-tête.

MILIEUX SCOLAIRES ET SPORTIFS

Deux études épidémiologiques ont examiné la transmission du SRAS-CoV-2 dans des écoles primaires⁴⁷ et dans une ligue de rugby en plein air.⁴⁸ Dans une enquête sur la transmission en milieu scolaire, quatre événements de transmission d'élève à élève et un événement de transmission d'élève à enseignant ont été signalés dans des écoles élémentaires du comté de Salt Lake, Utah, États-Unis (de décembre 2020 à janvier 2021).⁴⁷ Quatre événements de transmission impliquaient des expositions non protégées et sur une courte distance (< 2 m), comme une faible adhésion au port du masque ou pendant le dîner lorsque le port du masque n'était pas possible. Il y a eu une absence de transmission à d'autres élèves lorsqu'une distanciation physique médiane de 1 m était maintenue pendant les cours, et dans le

contexte d'autres mesures de contrôle mises en place dans l'école. Dans l'ensemble, la transmission associée à l'école primaire s'est avérée faible.⁴⁷

Une analyse des infections par le SRAS-CoV-2 dans une ligue de rugby en plein air en Angleterre a indiqué qu'aucun cas parmi les joueurs de la ligue ne pouvait être lié à un contact étroit pendant les matchs de rugby en plein air (de juillet à octobre 2020).⁴⁸ Les transmissions étaient plutôt liées à d'autres événements de transmission sur une courte distance à l'intérieur. Bien que cette étude montre des exemples où la transmission par contact étroit en plein air n'a pas eu lieu, il n'y avait pas suffisamment de contacts étroits documentés pour prouver que la transmission par contact étroit n'a pas pu avoir lieu dans le contexte du rugby en plein air.⁴⁸

MILIEU NON SPÉCIFIÉ

Une étude de simulation expérimentale⁴⁹ et trois études de modélisation ont estimé le risque d'infection par le SRAS-CoV-2 dans le contexte d'une proximité étroite entre le cas et les contacts.⁵⁰⁻⁵² Dans l'ensemble, ces études confirment que le risque d'infection est plus élevé sur une courte distance que sur une longue distance et que l'inhalation de particules et leur dépôt sur les muqueuses contribuent à la transmission sur une courte distance, ce qui remet en question les catégories dichotomiques traditionnelles des voies de transmission respiratoire.

Les études de modélisation ont simulé des scénarios faisant intervenir divers paramètres; toutefois, toutes ont systématiquement montré que le risque d'infection augmentait à mesure que la distance entre le cas et le contact diminuait.⁵⁰⁻⁵² L'étude expérimentale de Fu et coll. (2021) a estimé la contribution de l'inhalation de particules respiratoires par opposition au dépôt sur les muqueuses sur une courte distance.⁵¹ Les auteurs ont simulé des particules respiratoires de 1,0, 1,5, 2,5 et 5,0 μm , à une distance de 0,5 m entre le cas et le contact sensible (mannequins thermiques) sur une période d'une heure. Une plus grande proportion de petites particules (1,0 μm , 1,5 μm) que de grosses particules (2,5 μm , 5,0 μm) a pénétré dans les voies respiratoires du contact (c.-à-d. par inhalation). Les grosses particules étaient plus susceptibles de se déposer à l'entrée du mannequin sensible (c.-à-d. dépôt simulé sur les muqueuses) et moins susceptibles d'être inhalées.

Transmission sur une longue distance

La transmission sur une longue distance peut se produire par l'inhalation d'aérosols respiratoires émis par une source infectieuse, qui restent en suspension dans l'air pendant de plus longues périodes et se déplacent sur de plus grandes distances (généralement au-delà de 2 m).

Nous avons inclus trois examens et 30 études primaires avec des concepts épidémiologiques, expérimentaux et de modélisation. Cette version actualisée a ajouté deux nouveaux examens et 16 nouvelles études primaires qui ont examiné la transmission sur une longue distance par les aérosols comme voie de transmission probable.

Principales constatations

Certaines conditions sont plus susceptibles d'entraîner une transmission sur une longue distance du SRAS-CoV-2, et la contribution relative de la transmission sur une courte distance par opposition à la

transmission sur une longue distance ne peut être généralisée dans l'ensemble des événements de transmission du SRAS-CoV-2. Les données probantes appuyant la transmission par aérosols sur une longue distance se sont accrues depuis le début de la pandémie, un plus grand nombre d'examen systématiques et d'études primaires soutenant cette voie de transmission du SRAS-CoV-2. Les études incluses montrent que la transmission par aérosols sur de longues distances est réelle, surtout lorsque la source/le récepteur et les conditions environnementales sont favorables, comme le milieu intérieur, une ventilation inadéquate, une exposition prolongée, une charge virale élevée, certaines activités (chant, exercice physique, cris, etc.) et l'absence du port du masque permettant un contrôle à la source chez le cas index.

Examens

Nous avons inclus trois examens qui soutenaient la transmission sur une longue distance comme une voie contribuant à la transmission du SRAS-CoV-2. Dans ces examens, on ne pouvait écarter la possibilité de voies multiples de transmission à différentes distances entre la source et le récepteur.

Palmer et coll. (2021) (prépublication) ont procédé à un examen rapide des enquêtes épidémiologiques sur les éclosions et les grappes de cas (recherche jusqu'en avril 2021) liées à la transmission par voie aérienne dans des milieux communautaires intérieurs.⁵³ Sur les 13 études incluses, quatre ont fourni des données probantes sur la transmission sur une longue distance probable (>2 m), huit sur la transmission possible et une étude n'était pas claire. Les facteurs augmentant potentiellement le risque de transmission sur une longue distance comprenaient les espaces intérieurs clos, le renouvellement insuffisant de l'air, la recirculation du courant d'air et les activités produisant une augmentation des particules respiratoires (p. ex. le chant et le travail physiquement exigeant). Dans neuf des 13 études, les cas primaires étaient asymptomatiques, présymptomatiques ou très proches du moment de l'apparition des symptômes. Dans l'ensemble, le degré de certitude des données probantes était très faible, mais il soutenait la possibilité d'une transmission sur une longue distance du SRAS-CoV-2 dans certains milieux et conditions.⁵³

Grudlewska-Buda et coll. (2021) ont examiné des études de laboratoire (recherche jusqu'en janvier 2021) et ont constaté que les particules d'aérosol de SRAS-CoV-2 peuvent rester viables pendant plusieurs heures et que les aérosols en général sont capables de se disperser sur de longues distances. Les auteurs ont signalé que les « super propagateurs » de la COVID-19 peuvent produire beaucoup plus de particules d'aérosol que le cas moyen de COVID-19, créant potentiellement un plus grand risque de transmission sur une longue distance; toutefois, cette hypothèse n'a pas été étayée par des données empiriques.⁵⁴

L'examen de Comber et coll. (2021) (recherche jusqu'en juillet 2020) comprenait huit grappes d'éclosions épidémiologiques étudiant la contribution des aérosols à la transmission, dans des milieux tels que des restaurants, un centre commercial, une chorale, une usine de transformation de la viande, des autobus, des établissements de soins de santé, un navire de croisière et des espaces publics. Les auteurs ont conclu qu'il existait des données probantes limitées et de faible qualité, issues d'un petit nombre d'études épidémiologiques, semblant indiquer une transmission par aérosols du SRAS-CoV-2. Il n'a pas été possible de déterminer avec certitude la contribution relative de la transmission par aérosols comparativement aux autres voies.⁵⁵

Littérature primaire

Nous avons inclus 30 études qui ont conclu ou émis l'hypothèse que la transmission par aérosols sur de longues distances était responsable de certains ou de l'ensemble des événements de transmission. Dans la plupart des études épidémiologiques, on a déduit que la transmission sur une longue distance était la voie de transmission dominante, étant donné que les personnes infectées se trouvaient généralement à plus de 2 m des cas index. En outre, les personnes sensibles ont été exposées aux cas index pendant des périodes prolongées dans des milieux intérieurs où la ventilation était inadéquate ou où il y avait un faible mouvement d'air et, dans certains cas, où les activités exercées entraînaient une respiration accrue (p. ex. chants, cris, exercices physiques) et/ou où le masque n'était pas porté (par le cas et/ou le contact).

Comme pour la plupart des études épidémiologiques sur des événements de transmission, il a été difficile d'exclure d'autres voies contribuant à la transmission. Nous avons résumé ces études de cas, en soulignant les milieux et les facteurs contextuels contribuant à la transmission sur une longue distance. Des études expérimentales et de modélisation ont démontré que la transmission sur de longues distances était possible, mais la conclusion générale était que le risque d'infection diminuait à mesure que la distance de la source infectieuse augmentait.

LIEUX DE CHANT

Quatre études épidémiologiques ont examiné les cas et les éclosions de SRAS-CoV-2 associés à des lieux de chant à l'intérieur en Australie, en Allemagne, aux Pays-Bas et aux États-Unis.^{13,56-58} Ces études ont montré que la transmission sur une longue distance se produisait dans le contexte de groupes (c.-à-d. des chorales) et d'interprètes individuels chantant à l'intérieur. Ces données n'excluent pas complètement d'autres voies de transmission et on ne s'attend pas à ce que la transmission sur une longue distance soit la seule voie de transmission. Toutefois, dans l'ensemble des études, on a conclu que la transmission sur une courte distance ou la transmission par les matières contaminées n'expliquait pas raisonnablement l'ampleur de la transmission du SRAS-CoV-2 à des contacts sensibles qui n'étaient pas à proximité immédiate du cas infectieux, ce qui indique que la transmission respiratoire sur une longue distance a joué un rôle par l'intermédiaire des particules respiratoires en suspension dans l'air qui se sont accumulées et qui ont été inhalées par des contacts sensibles. Les quatre études ont décrit des événements de transmission qui se sont produits en 2020, au début de la pandémie, avant la couverture vaccinale généralisée et avant l'émergence des VP.

Par exemple, 12 cas secondaires de SRAS-CoV-2 ont été liés à un cas index, soit un choriste de 18 ans ayant une charge virale élevée qui a chanté lors de quatre services d'une heure dans une église (Nouvelle-Galles du Sud, Australie; juillet 2020).⁵⁶ Le cas index était assis à un piano surélevé à environ 3 m du sol et faisait dos aux cas secondaires. Les cas secondaires étaient assis entre 1 et 15 m (distance horizontale) du cas index, mais n'ont eu aucun contact physique étroit. Le port du masque n'était pas imposé et la ventilation était minimale lors du service religieux. Les auteurs ont laissé entendre que des courants de convection auraient pu transporter des particules d'aérosol vers les sièges. D'autres études font état de résultats similaires de transmission de cas infectieux ayant chanté à l'intérieur à des contacts qui n'étaient pas à proximité des cas.^{13,57,58} Une étude a révélé que le TA d'une chorale qui s'est

exercée dans un petit espace intérieur avec un plus grand nombre de participants (TA : 89 %) était significativement plus élevé que celui d'une chorale similaire qui s'est exercée dans un grand espace intérieur avec moins de participants (TA : 24 %), ce qui semble indiquer que certains milieux intérieurs (petits et bondés) peuvent faciliter l'accumulation de particules respiratoires restant en suspension dans l'air plus que d'autres (plus grands et moins bondés).⁵⁸

MODES DE TRANSPORT

La contribution de la transmission sur une longue distance du SRAS-CoV-2 par les véhicules de transport a été étudiée dans trois études épidémiologiques⁵⁹⁻⁶¹ et deux études de modélisation.^{62,63} Ces études ont porté sur des autobus^{60,61,63} des fourgonnettes de transport de patients⁵⁹ et une voiture-coach,⁶² et ont été menées en Chine^{60,61,63} et aux États-Unis.⁵⁹ Il convient de noter que la plupart des données épidémiologiques datent du début de la pandémie.

Dans les études épidémiologiques portant sur les événements de transmission dans les autobus et les fourgonnettes de transport de patients, on a identifié des cas secondaires qui étaient assis à plus de 2 m (jusqu'à 9,5 m) des cas index, ce qui semble indiquer la contribution de la transmission sur une longue distance.⁵⁹⁻⁶¹ Par exemple, Ou et coll. (2021) ont étudié une éclosion impliquant deux autobus dans la province de Hunan, en Chine, en janvier 2020, où un cas index présymptomatique a transmis des aérosols à 10 cas secondaires (huit dans l'autobus 1, deux dans l'autobus 2).⁶¹ Dans l'autobus 1, une transmission par aérosols sur une longue distance a probablement eu lieu puisque la distance entre le cas index et le cas secondaire le plus éloigné était de 9,5 m. Une transmission sur une courte distance a potentiellement eu lieu dans l'autobus 2 puisque la distance la plus éloignée du cas index était de 2,3 m. Un contact étroit était possible lors de l'embarquement, du débarquement et de la collecte des bagages; cependant, les auteurs ont estimé que la probabilité d'infecter tous les cas secondaires lors de ces interactions était faible et que la transmission sur une longue distance jouait au moins un rôle partiel.⁶¹ Une étude de modélisation de cette éclosion dans un autobus a conclu que la transmission par voie aérienne s'est produite dans l'autobus, y compris la transmission sur de courtes et de longues distances, et a noté que la transmission par les matières contaminées était négligeable.⁶³

Une ventilation inadéquate a été constamment mentionnée comme un facteur facilitant la transmission sur une longue distance dans les milieux de transport, notamment un taux de ventilation inférieur au taux recommandé,⁶¹ la recirculation de l'air sans filtration ni introduction d'air frais,⁶⁰ et le fonctionnement des ventilateurs avec les fenêtres fermées.⁵⁹

L'étude de modélisation d'Armant et coll. (2021) (prépublication) a exploré la dispersion possible de particules porteuses du SRAS-CoV-2 provenant d'une personne ne portant pas de masque, assise avec d'autres passagers dans une voiture-coach fermée et ventilée.⁶² La toux a entraîné le déplacement et la propagation de petites particules (1 µm et 10 µm) selon les courants d'air dans la voiture-coach, et les grosses particules (100 µm et 1 000 µm) se sont principalement déposées sur la source et le passager assis en face de la source. La respiration a entraîné le transport des petites particules (1 µm) vers les passagers les plus proches de la source de propagation en 2 min environ, et vers le groupe de passagers du même côté de la voiture-coach et de l'autre côté de l'allée en 8 min environ. Alors que la ventilation dirigeait les particules hors de la voiture, la respiration créait une source continue de particules, ce qui indique la possibilité d'une transmission sur une longue distance dans ce scénario.

IMMEUBLES D'HABITATION À MULTIPLES ÉTAGES

Trois enquêtes épidémiologiques ont porté sur la transmission du SRAS-CoV-2 entre des appartements verticalement alignés dans des immeubles d'habitation à multiples étages à Hong Kong, Wuhan, en Chine, et à Séoul, en Corée du Sud.⁶⁴⁻⁶⁶ Ces études ont semblé indiquer que la transmission sur de longues distances de particules infectieuses en aérosols pouvait être facilitée par les colonnes de vidange communes et les systèmes de conduits de ventilation qui relient les appartements.

Wang et coll. (2021) ont enquêté sur une éclosion survenue dans deux immeubles de grande hauteur à Hong Kong, dans lesquels la transmission sur de longues distances par les aérosols de colonnes contaminées a été jugée probable (janvier et février 2021).⁶⁶ Les déchets provenant de la chasse d'eau des toilettes et des éviers produisent des aérosols dans les colonnes de vidange verticales (c.-à-d. l'effet de cheminée). Dans le bâtiment 1, 14 résidents de six appartements ont été déclarés positifs au SRAS-CoV-2; dans le bâtiment 2, neuf résidents de cinq appartements ont été infectés. La répartition des cas indique que les appartements étaient alignés verticalement et partageaient les mêmes colonnes de vidange. Des échantillons environnementaux étaient positifs dans certaines salles de bains et des expériences avec un gaz traceur ont démontré des fuites de tuyaux dans les appartements alignés verticalement. L'effet de cheminée a créé des pressions variables dans les colonnes de vidange, créant un mouvement ascendant des aérosols et une probable transmission sur de longues distances.⁶⁶

De même, Lin et coll. (2021) ont étudié une éclosion impliquant des cas dans des appartements alignés verticalement à Wuhan, en Chine (janvier et février 2020). Une expérience avec un gaz traceur a indiqué que le gaz pouvait se propager d'un étage à l'autre par les systèmes de vidange et de ventilation, d'autant plus que les joints des siphons en U des avaloirs de sol étaient asséchés dans certains appartements et que l'utilisation de ventilateurs d'extraction pouvait créer une pression négative dans le système de canalisations.⁶⁵ Enfin, une situation similaire a été signalée concernant des conduites d'air dans un ensemble d'habitations collectives à ventilation naturelle à Séoul, en Corée du Sud, au cours du mois d'août 2020 (Hwang et coll. 2021).⁶⁴ Aucune vanne n'empêchait l'air de pénétrer dans les salles de bains à partir des gaines de ventilation naturelle partagées (pas pour la ventilation du bâtiment ou du logement).⁶⁴

RESTAURANTS

Quatre études épidémiologiques⁶⁷⁻⁷⁰ et une étude de modélisation⁷¹ ont examiné le rôle de la transmission sur une longue distance dans les éclosions de SRAS-CoV-2 dans des restaurants en Chine, en Corée du Sud et aux États-Unis. Comme dans le cas des modes de transport décrits ci-dessus, la transmission sur une longue distance a été indiquée dans ces restaurants en raison de l'identification de cas secondaires qui ne se trouvaient pas à proximité du cas index au moment probable de la transmission.⁶⁷⁻⁷⁰ Les études épidémiologiques ont porté sur des éclosions survenues en janvier et en juin 2020, avant une couverture vaccinale généralisée et avant l'émergence des VP.

Zhang et coll. (2021) ont étudié une éclosion dans un restaurant en Chine impliquant trois tables distinctes alignées les unes sur les autres sur une distance d'environ 6 m. À l'aide de la vidéosurveillance, les auteurs ont exclu le contact étroit et la transmission par matières contaminées pour les cas secondaires identifiés aux deux tables où le cas index n'était pas assis. Les auteurs ont donné à penser que la transmission se faisait par des aérosols sur une longue distance.⁷⁰ Les études évaluant deux

autres éclosions dans des restaurants signalent que l'écoulement d'air directionnel est un facteur clé facilitant la transmission sur une longue distance.⁶⁷⁻⁶⁹ En Corée du Sud, dans un restaurant, un cas index a infecté deux cas secondaires assis à 4,8 m et 6,5 m de distance à des tables différentes, directement dans le sens du vent d'un écoulement d'air provenant du cas index.⁶⁹ En Chine, une éclosion a impliqué trois familles à trois tables différentes, et un climatiseur en marche qui aurait créé une « colonne d'air » s'écoulant du cas index vers les cas secondaires qui se trouvaient à 3 m de distance.^{67,68} De plus, il a été déterminé qu'en raison du temps froid, les ventilateurs d'extraction étaient fermés, ce qui a entraîné une recirculation de l'air à l'intérieur.^{67,68}

Chaudhuri et coll. (2021) (prépublication) ont utilisé une modélisation mécaniste pour examiner la transmission du SRAS-CoV-2 par des aérosols infectieux à l'aide de données réelles d'occupation de restaurants à service complet dans dix grandes villes américaines (mars 2020).⁷¹ Les auteurs ont constaté un degré élevé d'hétérogénéité entre les niveaux individuels de risque d'infection. Cette hétérogénéité est attribuable en grande partie à la variation de la charge virale des cas index et du nombre d'occupants, ce qui entraîne une dispersion du nombre de cas secondaires. Les auteurs notent qu'une dispersion élevée indique une transmission par aérosols sur de courtes et de longues distances.⁷¹

ÉTABLISSEMENTS DE SOINS DE SANTÉ

Six études épidémiologiques ont examiné les éclosions de SRAS-CoV-2 dans des établissements de soins de santé et ont conclu que la transmission sur une longue distance jouait un rôle.⁷²⁻⁷⁷ Les études ont été menées en Belgique,⁷⁷ aux Pays-Bas,⁷³ en Corée du Sud,^{75,76} à Hong Kong⁷⁴ et en Israël,⁷² et ont évalué les éclosions qui se sont produites dans des maisons de soins infirmiers^{73,77} et des hôpitaux.^{72,74-76} La plupart des études ont évalué des éclosions survenues en 2020,⁷³⁻⁷⁷ une a inclus des données probantes jusqu'en mars 2021,⁷⁶ et une autre n'a pas indiqué la date de l'éclosion étudiée.⁷²

Une éclosion dans une maison de soins infirmiers belge a été étudiée par Vuylsteke et coll. (2021), qui ont signalé que la transmission par aérosols sur une longue distance a probablement contribué à l'éclosion issue d'un événement culturel où l'on a déterminé qu'un bénévole externe était le cas index (déclaré positif le jour après l'événement). Le bénévole a visité quatre appartements dans l'établissement et les résidents de trois des quatre appartements participants se sont réunis dans une salle commune pour l'événement. De nombreux résidents ne portaient pas de masque, et une enquête menée à l'aide de capteurs de CO₂ a permis de déterminer que les espaces de l'événement étaient mal ventilés. Les TA des résidents différaient d'un appartement à l'autre, les taux les plus élevés étant enregistrés vers le sixième jour dans les trois appartements dont les résidents ont participé en se rassemblant dans une pièce (84,5 %, 92,1 %, 77,8 %), contrairement au quatrième appartement qui n'a pas participé au rassemblement (52,5 %). Les sources provenant du personnel n'ont pu être exclues, mais cela a été jugé peu probable, car la plupart des membres du personnel étaient confinés dans un seul appartement et tous ont été déclarés négatifs quatre jours avant l'événement. Certains résidents non présents à l'événement ont également été infectés; les salles de rassemblement étaient reliées par des couloirs où les résidents se promènent, et certains résidents qui n'ont pas participé à l'événement ont pris un café dans la même salle peu après l'événement. La transmission par aérosols dans les espaces bondés et mal ventilés a été signalée comme l'explication la plus plausible de la propagation massive au sein de l'établissement.⁷⁷ Une autre étude sur les maisons de soins infirmiers a également

attribué une éclosion de SRAS-CoV-2 à une mauvaise ventilation qui a facilité la transmission d'aérosols sur une longue distance à 81 % (17/21) des résidents et à 50 % (17/34) des travailleurs de la santé.⁷³

Quatre études réalisées en milieu hospitalier ont décrit diverses situations dans lesquelles les interactions entre les cas infectieux et les contacts n'étaient pas considérées comme des contacts étroits ou sur une courte distance, et où la transmission se produisait malgré l'utilisation d'EPI, indiquant ainsi la contribution probable de la transmission sur une longue distance. Par exemple, une éclosion s'est produite à Séoul, en Corée du Sud, où 28 % (10/36) des cas secondaires n'ont pas eu de contact étroit avec le cas index et 72 % (26/36) ont eu un contact étroit avec le cas index.⁷⁶ Les interactions sans contact étroit comprenaient une brève conversation alors que le cas index portait un masque, le partage d'un espace avec le cas index sans conversation alors qu'il portait un masque, et l'entrée dans un espace précédemment occupé par le cas index.⁷⁶ D'autres études ont mentionné des écoulements d'air imprévus,^{72,75} une ventilation inadéquate⁷⁵ et des petites pièces fermées⁷⁴ comme des facteurs ayant probablement facilité les événements de transmission sur une longue distance observés dans les unités et les chambres d'hôpital.

AUTRES MILIEUX INTÉRIEURS

Huit études incluses (quatre épidémiologiques,⁷⁸⁻⁸¹ une expérimentale⁸² et trois de modélisation⁸³⁻⁸⁵) ont étudié le rôle de la transmission sur une longue distance dans la propagation du SRAS-CoV-2 dans divers milieux intérieurs, notamment une salle d'audience,⁸¹ des installations d'exercice^{79,80} un hôtel de voyage et de quarantaine⁷⁸ des systèmes de plomberie⁸² une salle de classe,⁸⁵ et deux études de modélisation n'ont pas précisé les milieux intérieurs.^{83,84}

Les événements de transmission du SRAS-CoV-2 examinés dans les quatre études épidémiologiques ont eu lieu en 2020.⁷⁸⁻⁸¹ Toutes les quatre ont noté qu'une mauvaise ventilation était un facteur probable contribuant à la transmission sur une longue distance dans une salle d'audience, dans diverses installations d'exercice et dans un hôtel de quarantaine.⁷⁸⁻⁸¹ Parmi les autres facteurs, citons le retrait du masque en position assise dans la salle d'audience et dans les installations d'exercice,^{79,81} et dans l'hôtel de quarantaine, une étude commandée du système de ventilation a révélé que les chambres d'hôtel exerçaient une pression positive par rapport au couloir.⁷⁸ Comme pour la plupart des études épidémiologiques incluses, il n'a pas été possible d'écarter complètement d'autres voies de transmission; cependant, ces études semblent indiquer systématiquement que le contact étroit et la transmission sur une courte distance n'expliquent pas tous les cas de SRAS-CoV-2 observés dans ces éclosions en raison de la distance ou des barrières entre les cas index et les cas secondaires, ce qui donne à penser que la transmission sur une longue distance a probablement joué un rôle au moins partiel.

Une étude expérimentale de la production de particules d'aérosol dans les systèmes de plomberie menée au Royaume-Uni (UK) a révélé que 99,5 % des particules émises avaient un diamètre <5 µm, aucune particule n'ayant un diamètre >11 µm. Le nombre de particules émises par une chasse d'eau était équivalent à celui d'une personne parlant fort pendant 6,5 minutes.⁸² Les trois études de modélisation ont confirmé la possibilité d'une infection due à une transmission sur une longue distance des particules respiratoires au-delà de 2 m de distance d'une source infectieuse.⁸³⁻⁸⁵ Elles semblent

indiquer que des mesures de prévention allant au-delà de la distanciation physique sont nécessaires pour limiter le risque d'infection, comme le port du masque et la réduction du temps d'exposition.

Facteurs influant sur la transmission des particules respiratoires sur de courtes et de longues distances

Nous avons inclus cinq examens et 27 études primaires qui ont examiné les facteurs influant sur la transmission du SRAS-CoV-2 par le dépôt de particules respiratoires infectieuses sur les muqueuses et/ou par inhalation. Trois nouveaux examens et 20 nouvelles études primaires ont été ajoutés dans cette mise à jour. Les facteurs sont regroupés en facteurs environnementaux (conditions intérieures) et en facteurs liés à l'hôte ou à la source. Le statut immunitaire de la source, ainsi que les conditions climatiques ambiantes extérieures, la pollution et les particules sont hors sujet.

Principales constatations

Les principaux facteurs environnementaux contribuant à l'augmentation de la transmission sont les basses températures, la faible humidité, la mauvaise ventilation, la mauvaise circulation de l'air (c.-à-d. depuis des sources potentielles vers des personnes sensibles) et la faible lumière UV. Dans la plupart des données probantes incluses, la mauvaise ventilation est considérée comme un facteur environnemental particulièrement important qui contribue à accroître la transmission du SRAS-CoV-2.⁸⁻¹⁴ Une ventilation inadéquate peut contribuer à la propagation des aérosols, l'accumulation d'aérosols infectieux étant inversement proportionnelle au nombre d'échanges d'air. Les données relatives au rôle des systèmes CVCA dans la facilitation de la transmission entre les différentes zones des bâtiments ou des navires de croisière sont incohérentes. En outre, un écoulement d'air turbulent (p. ex. provenant de la toux d'une personne, d'une circulation d'air inappropriée créant des zones d'air recyclé) peut augmenter le risque de transmission.

Une diminution de l'humidité relative peut augmenter le risque de transmission comparativement à des conditions humides en raison de l'évaporation qui contribue à la réduction de la taille des particules respiratoires, ce qui entraîne une augmentation du volume de molécules potentiellement chargées de virus restant en suspension dans l'air. L'augmentation de l'humidité, de la température et de la lumière UV est associée à une réduction du risque de transmission du SRAS-CoV-2 en réduisant la quantité de particules demeurant en suspension dans l'air, et en réduisant la viabilité du virus. Il est également prouvé que les répercussions de ces conditions environnementales intérieures ont des effets d'interaction.

Nous avons déjà noté que l'humidité semble avoir moins d'effet sur la viabilité du SRAS-CoV-2 dans les aérosols que l'effet de la lumière du soleil ou de la température.^{86,87} La demi-vie du SRAS-CoV-2 dans les aérosols est d'environ 1 heure (h). L'augmentation de la température est associée à une réduction de la demi-vie du SRAS-CoV-2 dans les aérosols.^{55,88,89} À l'aide d'une expérience de tambour rotatif similaire à d'autres études sur la viabilité du SRAS-CoV-2, une lumière UV (UVA/UVB) a été appliquée au virus aérosolisé à travers une fenêtre sur le tambour.⁸⁷ Les résultats ont indiqué une inactivation de 90 % du virus en 20 minutes.

Les principaux facteurs liés à l'hôte et à la source qui contribuent à l'augmentation de la transmission sont les suivants : charges virales plus élevées, concentration plus importante de SRAS-CoV-2 dans l'air, taille plus petite des particules chargées de virus et dose infectieuse. Pour ce qui est du comportement, le manque de distanciation physique, l'augmentation de la vocalisation et de l'expulsion de particules respiratoires (c.-à-d. la toux et les éternuements comparativement à la parole et à la respiration normales) et l'absence du port du masque contribuent tous à accroître le risque de transmission.

Examens

Un examen effectué par Dinoi et coll. (2021) (recherche jusqu'en août 2021) a révélé que les facteurs viraux et les facteurs liés à l'hôte les plus importants qui ont une incidence sur le risque de transmission sur de longues distances sont : 1) la concentration et la taille des particules chargées de virus; 2) la fraction de virus viable dans l'air; et 3) la dose minimale de SRAS-CoV-2 nécessaire pour provoquer une infection chez une personne sensible.⁹⁰ Les facteurs environnementaux agissent principalement sur la concentration du virus et sa capacité de survie dans l'air.⁹⁰

Thornton et coll. (2021) (prépublication) ont effectué un survol des examens (recherche jusqu'en janvier 2021) pour étudier les répercussions des caractéristiques de conception des systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air sur la transmission des virus et ont inclus sept examens publiés entre 2007 et 2021.⁹¹ Les résultats indiquent que la transmission diminue avec l'augmentation de la température et de l'humidité relative. L'un des examens inclus a trouvé des données probantes contradictoires concernant le rôle des systèmes CVCA dans la propagation du SRAS-CoV-2 : trois études d'observation ont semblé indiquer que les systèmes CVCA contribuaient à la propagation, deux études sur des éclosions survenues sur des navires n'ont pas confirmé le rôle des systèmes CVCA dans la propagation, et une étude a fourni des données de modélisation sur la possibilité que les systèmes CVCA contribuent à la transmission aérienne du SRAS-CoV-2.⁹¹

Chen et coll. (2021) ont effectué une revue systématique et une méta-analyse de 29 études (recherche jusqu'en août 2020) ainsi qu'une analyse de modélisation pour étudier les répercussions de la charge virale respiratoire (CvR) sur la transmission du SRAS-CoV-2.⁹² L'examen des données probantes a révélé que la charge virale respiratoire tend à atteindre un pic à environ un jour (j) de l'apparition des symptômes, et que la charge virale respiratoire varie considérablement d'un cas à l'autre, ce qui semble indiquer que certains d'entre eux peuvent présenter un risque de transmission plus élevé (c.-à-d. des « superpropagateurs »). Au moment du pic d'infectiosité, les cas à CvR élevé (c.-à-d. les 80^e et 90^e percentiles), comparés aux cas à CvR moyen, émettent des aérosols (définis comme $\leq 100 \mu\text{m}$) et des gouttelettes ($>100 \mu\text{m}$) avec des probabilités significativement plus élevées de contenir des particules infectieuses. Les résultats de la modélisation ont également estimé que le fait de parler, de chanter et de tousser émettait des proportions comparables de particules infectieuses sous forme de gouttelettes (55,6-59,4 %) et d'aérosols (40,6-44,4 %), et que la respiration seule émettait des aérosols.⁹²

Comber et coll. (2021) ont procédé à un examen rapide des données probantes (recherche jusqu'en juillet 2020) relatives à la transmission aérienne du SRAS-CoV-2, qui comprenait des études épidémiologiques, d'échantillonnage de l'air et virologiques primaires.⁵⁵ Les auteurs ont conclu que la transmission par aérosols sur de longues distances pouvait jouer un rôle; cependant, la contribution des aérosols était incertaine par rapport à la transmission par gouttelettes et par contact sur de courtes

distances. Dans un contexte de laboratoire, on a constaté que le SRAS-CoV-2 reste viable sous forme d'aérosol pendant 3 heures et que la demi-vie médiane est estimée à 1,1 heure (IC de 95 % : 0,6-2,64). Les conditions environnementales expérimentales qui se sont avérées avoir une incidence sur la viabilité du virus comprennent la lumière UV simulée (qui a désactivé le SRAS-CoV-2 aérosolisé) et l'utilisation d'une température élevée (200°C) dans un système de filtre à air pour réduire le SRAS-CoV-2 en suspension dans l'air.⁵⁵

Goodwin et coll. (2021) ont recherché des données probantes (recherche jusqu'en mai 2020) pour déterminer quelles activités augmentent le risque de transmission du SRAS-CoV-2 à l'intérieur.⁹³ Les résultats semblent indiquer que le nombre de particules respiratoires émises lors des activités respiratoires augmente dans l'ordre suivant : la respiration, la respiration lourde, la parole, le chant, la toux et les éternuements, avec des différences importantes du nombre de particules entre chaque activité. La taille des particules diffère également selon les activités et influence donc le risque de transmission. Par exemple, la respiration émet de petites particules qui peuvent être inhalées et les éternuements émettent de grosses particules qui peuvent se déposer sur les muqueuses. Les particules expulsées par les différentes activités sont produites dans différentes zones du système respiratoire et peuvent contenir des charges virales différentes. Des données épidémiologiques cohérentes indiquent que les contacts étroits et prolongés (p. ex. le partage d'un lit, d'une salle de bain ou d'un repas; le contact face à face) augmentent le risque de transmission et plaident en faveur de la transmission sur une courte distance comme voie principale. Les auteurs signalent que des données probantes soutiennent la possibilité d'une transmission sur une longue distance, mais qu'au moment de la recherche (mai 2020), elles n'étaient pas concluantes.⁹³

Littérature primaire

FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

VENTILATION

Quatre études épidémiologiques et neuf études de modélisation ont montré qu'une ventilation inadéquate ou médiocre était un facteur important contribuant à la transmission sur de courtes et de longues distances du SRAS-CoV-2.^{8,9,11,12,14,94-101} Dans les études épidémiologiques et de modélisation portant sur les espaces intérieurs, une mauvaise ventilation a entraîné une accumulation de particules respiratoires qui a augmenté le risque de transmission sur de courtes et de longues distances. La littérature primaire confirme que la transmission sur de courtes et de longues distances se produit sur un continuum, et que les concentrations d'aérosols les plus près de la source infectieuse étaient les plus élevées et diminuaient sur une plus longue distance.

Trois études épidémiologiques et expérimentales ont souligné qu'une mauvaise ventilation contribuait à la transmission d'aérosols sur une longue distance dans des usines de transformation de la viande et un marché de gros (Chine, Allemagne, Irlande).^{98,100,101} Par exemple, une étude transversale de Pokora et coll. (2021) a porté sur des éclosions de COVID-19 dans des usines de transformation de la viande en Allemagne (22 usines, juin à septembre 2020).¹⁰⁰ Dans sept usines présentant un nombre élevé de cas, la prévalence de la COVID-19 était de 12,1 %, et de 16,1 % précisément dans les zones de désossage et de découpe de la viande. Les principaux facteurs liés à un risque accru d'infection étaient : 1) le travail dans des zones où les températures sont plus basses; 2) le travail dans des zones sans ventilation par

écoulement d'air extérieur; et 3) l'incapacité de maintenir une distance d'au moins 1,5 m avec les autres pendant le travail.¹⁰⁰ Une étude similaire menée dans une usine de transformation de la viande en Irlande a montré qu'il y avait une accumulation progressive de CO₂ et d'aérosols dans la salle de désossage au cours d'une période de travail, ce qui a amené les auteurs à conclure qu'une mauvaise ventilation favorisait la transmission des aérosols.¹⁰¹ Dans un marché de gros en Chine, les auteurs ont constaté que l'air circulait, mais qu'il n'était pas filtré et qu'il y avait très peu d'air frais, que l'humidité était élevée, que la température était basse, que les fournitures d'hygiène étaient inadéquates et que les surfaces étaient fortement contaminées, tous ces facteurs contribuant à de multiples modes de transmission possibles, y compris la transmission sur une longue distance.⁹⁸

Par contre, Xu et coll. (2021) ont analysé les données de 197 cas symptomatiques de COVID-19 dans l'éclosion du bateau de croisière Diamond Princess (janvier à février 2020) et ont conclu que la transmission sur une longue distance ne s'était pas produite entre les cabines, d'après la distribution aléatoire des cas symptomatiques sur tous les ponts et l'absence de grappes spatiales d'infection par contact étroit (au sein de la cabine).⁹⁹ Les auteurs en ont déduit que la plupart des transmissions avaient eu lieu dans les espaces publics avant la quarantaine, peut-être en raison de la promiscuité et d'une ventilation insuffisante dans ces espaces.

Neuf études de modélisation ont évalué les facteurs ayant une incidence sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les particules respiratoires, y compris la ventilation, selon divers scénarios et paramètres.^{8,9,11,12,14,94-97} Dans l'ensemble, les résultats ont montré que la transmission sur de courtes et de longues distances se produit sur un continuum, et que les concentrations de particules respiratoires les plus près de la source infectieuse étaient les plus élevées et diminuaient sur une plus longue distance. La ventilation s'est avérée être une mesure importante pour atténuer la transmission dans les espaces intérieurs. Par exemple, Li et coll. (2021) ont étudié la transmission à l'intérieur du SRAS-CoV-2 sur de courtes et de longues distances par des aérosols d'un diamètre <50 µm, ainsi que l'incidence de la ventilation sur cette transmission.⁸ Lorsque la distance entre les personnes diminuait de 2 m, une augmentation importante du taux de ventilation de la pièce était nécessaire pour contrôler l'exposition aux aérosols sur une courte distance. Le risque d'infection par transmission sur de courtes et de longues distances augmentait avec la diminution de la ventilation. Aganovic et coll. (2021) ont utilisé des méthodes de modélisation pour étudier l'incidence de l'humidité relative intérieure et de la ventilation intérieure sur l'infection par le SRAS-CoV-2, et ont conclu que la ventilation était un facteur plus important pour réduire le risque d'infection que l'humidité et qu'elle devrait être prioritaire si l'on modifie les mesures de contrôle de l'environnement intérieur.⁹⁷

Plusieurs études de modélisation ont noté que la direction de l'écoulement d'air est un facteur important.^{11,12,14} Schade et coll. (2021) ont constaté que dans une salle de concert, le courant d'air frais se déplaçant du dessous des sièges vers les bouches d'évacuation au plafond entraînait un mouvement minimal des aérosols vers les sièges adjacents.¹¹ Ishak et coll. (2021) ont mené une étude de modélisation pour estimer l'incidence de l'humidité, de la vitesse de l'écoulement d'air et du port du masque sur la transmission par voie aérienne par des gouttelettes de différentes tailles (2-2 000 µm) produites par une source éternuant.¹² On a estimé que l'air s'écoulant depuis la zone de la source en direction du contact sensible augmentait le dépôt de gouttelettes sur les humains et diminuait le dépôt sur le sol, ce qui pouvait augmenter le risque de transmission.¹² de Oliveira et coll. (2021) ont également

fait remarquer que la direction de l'écoulement d'air peut avoir des répercussions importantes - les courants d'air ascendants peuvent maintenir les aérosols à la hauteur du visage, ce qui augmente considérablement le risque infectieux.¹⁴ Il a été noté dans l'ensemble des études que d'autres mesures, en plus de la ventilation, devraient être mises en œuvre pour réduire de manière importante le risque de transmission (p. ex. la vaccination, le port du masque, la distanciation).

TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ

Six études expérimentales et de modélisation ont examiné l'incidence des facteurs environnementaux intérieurs, notamment la température et l'humidité, sur la transmission respiratoire du SRAS-CoV-2.¹⁰²⁻¹⁰⁷ Dans l'ensemble, ces études ont indiqué que le risque de transmission était réduit dans un contexte de température plus élevée et d'humidité accrue. Par exemple, Liu et coll. (2021b) ont modélisé l'incidence des conditions ambiantes sèches sur les petites gouttelettes qui restent en suspension dans l'air plus longtemps que les grosses gouttelettes provenant d'une toux ou d'un éternuement. Les auteurs ont conclu que des conditions sèches, comparées à des conditions humides, peuvent augmenter le volume des molécules potentiellement chargées de virus en suspension dans l'air en raison de l'évaporation rapide qui réduit la quantité de gouttelettes tombant de l'air.¹⁰⁷ Cette conclusion a été confirmée par d'autres études expérimentales et de modélisation.^{103,105,106} En outre, une étude expérimentale menée par Schuit et coll. (2021) a révélé que l'influence de la température interagissait avec celle de l'humidité.¹⁰⁶ L'augmentation de l'humidité relative a augmenté la décroissance de l'infectivité virale; l'augmentation de la température à 20° C et de l'humidité relative à 40 % n'a pas augmenté de manière importante la décroissance virale, mais l'augmentation de la température à 70 % d'humidité relative a entraîné une décroissance virale importante.¹⁰⁶

Les tailles initiales des particules respiratoires influencent leur trajectoire. Leiber et coll. (2021) ont examiné les caractéristiques d'évaporation des gouttelettes de salive.¹⁰⁵ En évaluant des gouttelettes de différentes tailles initiales, on a observé que le diamètre final des gouttelettes correspondait à environ 20 % du diamètre initial. Les grosses gouttelettes (>150 µm) peuvent contenir des quantités substantielles de virus viables mais ont une durée de vie courte, car elles tombent rapidement sur le sol. Les gouttelettes de taille moyenne (50-150 µm) ont été davantage touchées par les conditions ambiantes, une humidité plus faible et une température plus élevée augmentant la durée de vie dans l'air. Elles peuvent rester dans l'air pendant plusieurs minutes et, en raison de leur taille, maintenir une quantité viable élevée du virus. Les petits aérosols de salive (<50 µm) peuvent rester en suspension dans l'air pendant des heures, pendant lesquelles on estime que tout virus viable diminue progressivement.¹⁰⁵

Une étude de Canpolat et coll. (2021) (prépublication) a examiné de manière expérimentale les très hautes températures incorporées dans un système de filtre à air comme option pour inactiver le SRAS-CoV-2 en suspension dans l'air.¹⁰⁴ La réduction moyenne de la présence virale, comparativement à la suspension virale mère, était de 99,900 % à 150 °C et de 99,999 % à 220 °C. Les auteurs ont conclu que cette méthode fournissait un outil d'atténuation potentiel; toutefois, il faudrait tenir compte de l'aspect pratique et de la faisabilité pour mettre en œuvre une telle approche.

FACTEURS LIÉS À L'HÔTE/SOURCE

ACTIVITÉ RESPIRATOIRE ET FACTEURS BIOLOGIQUES

Issakhov et coll. (2021) ont utilisé la modélisation et les simulations pour étudier le transport et la diffusion de particules de différentes tailles (10^{-4} à 10 m^{-6}) qui se produisent lorsqu'une personne respire, éternue ou tousse.¹⁰⁸ Lors d'une respiration normale, les particules ne se déplacent que sur de courtes distances; lors d'un éternuement ou d'une toux, les particules sont transportées sur de plus longues distances. Lors d'un éternuement ou d'une toux à 20 m/s, les particules ont parcouru plus de 3 m en 40 s. L'analyse de la propagation de l'éternuement a montré une zone d'impact maximale de 4,8 m en aval, 1,1 m latéralement et 1,8 m horizontalement. Dans cette étude, l'effort expiratoire de l'hôte a eu une incidence sur la transmission sur une longue distance.¹⁰⁸

Les estimations de la dose infectieuse minimale, de la quantité de virus viable dans les aérosols et des taux d'exposition quantifiés sont insuffisantes. Une étude a évalué les événements de superpropagation liés à la transmission sur une longue distance afin de déterminer la dose infectieuse minimale menant à une transmission.¹⁰⁹ Le modèle a utilisé le taux d'excrétion du virus aérosolisé fondé sur les données d'autres coronavirus et un taux de déstabilisation mesuré pour le SRAS-CoV-2. Les auteurs ont signalé un seuil d'exposition critique pour la transmission par aérosols de 50 virions.¹⁰⁹ Une caractérisation informatique des gouttelettes inhalées par Basu (2021) estimait la dose infectieuse inhalée à environ 300 virions, ce qui était similaire aux estimations de 500 virions chez les furets.¹¹⁰ L'auteur a reconnu que cette estimation pouvait varier considérablement selon certains facteurs biologiques environnementaux et individuels.¹¹⁰

DISTANCIATION ET MASQUES

Cinq études de modélisation ont démontré que l'augmentation de la distance source-récepteur et le port de masques bien ajustés réduisaient le risque de transmission du SRAS-CoV-2 sur de courtes et de longues distances.¹¹¹⁻¹¹⁶ Tomshine et coll. (2021) ont réalisé une expérience au cours de laquelle des aérosols ont été simulés à l'aide de billes de latex au polystyrène monodispersées à un débit constant afin d'imiter les taux d'expiration proches des pics (particules de $2 \text{ }\mu\text{m}$ de diamètre).¹¹³ La plus grande diminution du nombre de particules d'aérosol transmises de la source au récepteur est obtenue en augmentant la distanciation et le port du masque : avec 0,3 m entre la source et le récepteur, le port du masque par les deux réduit les particules de >99,5 %, le port du masque par la source seulement les réduit de 99 %, et le port du masque par le récepteur seulement les réduit de 62 %. L'augmentation de la distance à 0,9 m et 1,8 m a considérablement réduit la transmission, même sans masque (84 % et 97 %, respectivement). Le même schéma persiste, le port du masque par les deux ou au moins par la source réduisant considérablement la transmission comparativement au port du masque uniquement par le récepteur.¹¹³ Une évaluation du risque de transmission par aérosols du SRAS-CoV-2 à l'intérieur des bâtiments par Rocha-Melogno et coll. (2021) a utilisé la modélisation pour étudier les facteurs d'influence et le risque de transmission d'une personne contagieuse dans une salle de classe, un mariage et des séances d'exercice intensif.¹¹² Dans tous les scénarios, le risque de transmission d'aérosols sur une longue distance augmentait de 309 à 332 % si les masques n'étaient pas portés, et de 424 à 488 % si les masques n'étaient pas portés dans une pièce mal ventilée. L'augmentation des taux de ventilation et de l'humidité relative a permis de réduire le risque de transmission.¹¹²

Taux d'attaque secondaire : milieu et état de la maladie

Les taux d'attaque secondaire sont utiles pour évaluer le risque d'infection d'après la fréquence relative de l'exposition par contact étroit, selon la distance entre les cas index et les cas secondaires. Nous utilisons les milieux des ménages comme indicateur de la proximité, où nous supposons qu'il y a un contact relativement plus étroit entre les personnes. À l'inverse, les milieux autres que les ménages, tels que les espaces commerciaux ou les lieux de travail, seraient une indication d'une proximité relativement moindre. Les taux d'attaque secondaire ne sont pas une preuve directe de la transmission sur de courtes ou de longues distances; les lecteurs devraient donc faire preuve de prudence dans l'interprétation de ces études.

Nous avons examiné cinq examens systématiques (avec et sans méta-analyses) et neuf études primaires portant sur les taux d'attaque secondaire du SRAS-CoV-2 dans divers milieux, en nous concentrant sur les ménages. Dans cette version actualisée, nous avons inclus trois nouveaux examens systématiques et neuf études primaires. Pour garantir la robustesse des estimations, nous avons limité les études incluses à celles comportant plus de 500 cas index et secondaires.

Principales constatations

Dans les ménages où la distanciation physique, le port du masque et la désinfection des surfaces partagées sont potentiellement impossibles, le risque d'infection est plus élevé que dans les milieux de contact occasionnel (17-43 % contre 1-13 %, respectivement). Les taux d'attaque secondaire et le risque d'infection sont plus élevés chez les personnes exposées à des cas symptomatiques ou présymptomatiques, plutôt qu'à des cas asymptomatiques. Ces preuves indirectes ne permettent pas de préciser la proportion d'événements de transmission dus à une transmission sur de courtes ou de longues distances.

Examens

Dans une revue systématique et une méta-analyse de 87 études et 1 249 163 contacts familiaux (recherche jusqu'au 17 juin 2021), Madewell et coll. (2021) ont signalé que le taux d'attaque secondaire des ménages était de 18,9 % (IC de 95 % : 16,2-22,0).¹¹⁷ Comparativement aux études réalisées entre janvier et février 2020, le taux d'attaque secondaire entre juillet 2020 et mars 2021 a augmenté (13,4 % [IC de 95 % : 10,7-16,7] contre 31,1 % [IC de 95 % : 22,6-41,1]).¹¹⁷

Dans une revue systématique et une méta-analyse de 29 études (recherche jusqu'en août 2020), Curmei et coll. (2021) ont signalé que le taux d'attaque secondaire groupé estimé pour Singapour était de 24 % (IC de 95 % : 20-28) et de 31 % (IC de 95 % : 28-34) pour l'Italie.¹¹⁸

Dans une revue systématique et une méta-analyse de 80 études (recherche jusqu'au 3 juillet 2020), Qiu et coll. (2021) ont signalé que les taux d'attaque secondaire variaient selon l'état de la maladie du cas index :¹¹⁹

- **Asymptomatique** : 1 % (IC de 95 % : 0-2, n=2 240 contacts)
- **Présymptomatique** : 7 % (IC de 95 % : 3-11, n=1 678 contacts)

- **Symptomatique** : 6 % (IC de 95 % : 5-8, n=50 505 contacts).¹¹⁹

Dans une revue systématique de cinq études (recherche jusqu'au 12 août 2020), Bulfone et coll. (2020) ont indiqué que les chances de transmission à l'intérieur étaient 18,7 fois (IC de 95 % : 6,0-57,9) plus élevées qu'à l'extérieur, et que moins de 10 % des infections se produisaient à l'extérieur.¹²⁰ Les chercheurs ont repéré peu d'événements de superpropagation à partir d'expositions exclusivement à l'extérieur, probablement en raison de différences importantes dans la ventilation, la lumière UV, l'humidité et de possibles différences de comportement.¹²⁰

Dans une revue systématique et une méta-analyse de 45 études (recherche jusqu'au 6 juillet 2020), Thompson et coll. (2021) ont estimé que le taux d'attaque secondaire dans les ménages était de 21,1 % (IC de 95 % : 17,4-24,8, 29 études). Les milieux autres que les ménages présentaient des taux d'attaque secondaire plus faibles :¹²¹

- **Milieus sociaux avec la famille et les amis** : 5,9 % (IC de 95 % : 0,3-9,8)
- **Voyage** : 5,0 % (IC de 95 % : 0,3-9,8)
- **Établissements de soins de santé** : 3,6 % (IC de 95 % : 1,0-6,9)
- **Lieux de travail** : 1,9 % (IC de 95 % : 0,0-3,9)
- **Contacts sociaux occasionnels avec des inconnus** : 1,2 % (IC de 95 % : 0,3-2,1)

Littérature primaire

Cinq études épidémiologiques ont examiné les taux d'attaques secondaires dans divers milieux en Chine, au Danemark, au Japon, en Norvège et aux États-Unis.¹²²⁻¹²⁶ La littérature primaire était en accord avec les constatations des examens, soulignant que les taux d'attaque secondaire sont plus élevés dans les ménages, où la distanciation physique n'est pas toujours possible. Par exemple, dans une étude sur les taux d'attaque secondaire parmi 4 550 contacts de cas confirmés au Japon (juillet 2020 à mai 2021), Akaishi et coll. (2021) ont signalé que les taux d'attaque secondaire les plus élevés se trouvaient dans les dortoirs (27,5 %), suivis des ménages (12,5 %).¹²⁵ Dans une étude cas-témoins nationale (317 cas, 300 témoins) réalisée au Danemark (décembre 2020), Munch et coll. (2021) ont signalé que les principaux déterminants de l'infection étaient le contact (RC : 4,9, IC de 95 % : 2,4-10) ou le contact étroit (RC : 13, IC de 95 % : 6,7-25) avec un cas confirmé.¹²⁴

Quatre études épidémiologiques (Bosnie-Herzégovine, Chine, États-Unis) ont examiné les taux d'attaque secondaire à partir de cas index symptomatiques et asymptomatiques.¹²⁷ Ces résultats indiquent que les taux d'attaque secondaire sont plus élevés lorsqu'il y a des cas index symptomatiques, ce qui est en accord avec la revue de la littérature. Dans une étude de cohorte basée sur la population portant sur 8 852 contacts de 730 cas index dans la province de Zhejiang, en Chine (de janvier à juillet 2020), Ge et coll. (2021) ont signalé un risque accru d'infection lorsque les contacts étaient exposés à des cas index présentant une maladie légère (RRa : 4,0, IC de 95 % : 1,8-9,1) ou modérée (RRa : 4,3, IC de 95 % : 1,9-9,7), comparativement aux cas index asymptomatiques.¹²⁷ Des résultats similaires pour les taux d'attaque secondaire asymptomatique et symptomatique ont été signalés par d'autres études, y

compris un risque accru de transmission à partir de cas index symptomatiques : Chine (1,1 % c. 4,1 %; RC : 3,8, IC de 95 % : 2,06-6,95), États-Unis (19,1 % c. 25,4 %), Bosnie-Herzégovine (RC : 4,3, IC de 95 % : 1,60-11,63).^{128,129}

Le SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air

L'échantillonnage de l'air pour le SRAS-CoV-2 désigne le processus de prélèvement de volumes d'air au moyen d'un dispositif afin de déterminer s'ils contiennent le virus. Le prélèvement peut varier selon la taille des particules aérodynamiques capturées, la durée du prélèvement, le volume d'air prélevé par seconde et le milieu sur lequel les échantillons sont déposés. Les échantillons d'air peuvent ensuite être analysés au moyen de méthodes moléculaires telles que la PCR avec transcription inverse (RT-PCR) ou la PCR numérique en gouttelettes (dd-PCR) pour amplifier les acides nucléiques viraux et/ou la culture virale. La RT-PCR ne peut pas déterminer si les micro-organismes détectés sont viables. La culture virale est utilisée pour déterminer si un échantillon contient un virus vivant et est utilisée comme indicateur pour mesurer le virus infectieux.

Nous avons inclus cinq revues systématiques et 24 études primaires sur la recherche de l'ARN ou du virus viable du SRAS-CoV-2 dans des échantillons d'air. Dans cette version actualisée, nous avons inclus quatre nouvelles revues systématiques et sept nouvelles études primaires. Pour limiter le volume des études primaires incluses dans cette revue, nous avons limité les études primaires à celles qui ont testé au moins 50 échantillons d'air, sauf lorsque cela est indiqué (études tentant de mettre en culture le virus viable à partir d'échantillons d'air).

Principales constatations

Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est le plus élevé près de la source, car la probabilité de détecter l'ARN du SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air augmente à mesure que la distance d'échantillonnage source-récepteur diminue. La mise en culture de virus viables à partir d'échantillons d'air est relativement rare; toutefois, l'échec de la mise en culture n'indique pas l'absence de virus viables. Le SRAS-CoV-2 est présent dans une large gamme de tailles de particules atmosphériques, en particulier celles de moins de 5 µm de diamètre, ce qui implique qu'elles restent dans l'air pendant de plus longues périodes et qu'elles peuvent parcourir de plus grandes distances depuis le patient source. Dans l'ensemble, les données d'échantillonnage de l'air indiquent que la transmission par aérosols est plausible à la fois sur de courtes et de longues distances; toutefois, les aérosols chargés de virus sont relativement dilués et donc moins infectieux lors d'expositions passagères ou éloignées.

Examens

Dans la revue systématique et la méta-analyse les plus récentes de 73 études (recherche jusqu'au 31 août 2021), Dinoi et coll. (2021) ont synthétisé les données probantes sur le SRAS-CoV-2 dans l'air.⁹⁰ Les concentrations virales étaient plus élevées dans les milieux de soins de santé que dans les milieux intérieurs autres que les milieux de soins de santé, mais les deux milieux intérieurs présentaient des concentrations plus élevées que les milieux extérieurs. Les auteurs ont conclu que dans les environnements extérieurs, les particules virales étaient rapidement dispersées et que l'ARN du SRAS-CoV-2 était généralement faible ou indétectable. Les facteurs influençant les concentrations intérieures

de SRAS-CoV étaient le volume d'air ambiant, les systèmes de ventilation, la distance par rapport aux patients infectieux, le nombre de patients infectieux et l'utilisation de masques.⁹⁰

- **Milieux extérieurs** : 33,3 % (3/9) des études ont signalé au moins un échantillon d'air positif pour l'ARN, avec un taux de positivité de l'ARN de 17,6 %. La plage de concentration s'étendait de 0,1 à 23 copies/m³, avec une moyenne de 7,9 copies/m³ (médiane : 7,2).⁹⁰
- **Milieux de soins de santé intérieurs** : 60,3 % (35/58) des études ont signalé au moins un échantillon d'air positif à l'ARN du SRAS-CoV-2, avec un taux de positivité de l'ARN de 22,8 % (médiane : 11,1). La concentration médiane d'ARN était de 540 copies/m³ (écart interquartile [EI] : 17,5-2 890).⁹⁰
- **Milieux intérieurs, non liés aux soins de santé** : 30 % (3/10) des études ont signalé au moins un échantillon d'air positif à l'ARN (plage : 11,1-64,3 %). La concentration moyenne d'ARN était de 1 857 copies/m³ (plage : 14,5-3 700).⁹⁰

Dans une revue systématique et une méta-analyse de 51 études observationnelles transversales (recherche jusqu'au 1^{er} juin 2021), Ribaric et coll. (2021) ont fait état de la contamination de l'air et des surfaces en milieu hospitalier.¹³⁰ L'ARN du SRAS-CoV-2 a été détecté beaucoup plus souvent dans les zones réservées aux patients que dans les zones non réservées aux patients (19,4 % contre 11,8 %, $p < 0,001$), avec une présence de virus beaucoup plus importante (4,4 copies/L d'air contre 0,7 copie/L d'air, $p < 0,001$). Les chances de détecter de l'ARN dans les échantillons d'air diminuaient si les échantillons étaient prélevés à ≥ 2 m des patients (14,5 %, $n=276$ échantillons), par rapport à < 2 m des patients (20,9%, $n=470$ échantillons) (RC : 0,5, IC de 95 % : 0,43-0,96). 7,1 % (7/98) des échantillons d'air présentaient un virus viable et comprenaient des échantillons d'air prélevés à 2 m et à 4,8 m des patients. La positivité de l'ARN était considérablement plus élevée dans les aérosols fins ($\leq 4 \mu\text{m}$) que dans les aérosols grossiers/gouttelettes ($> 4 \mu\text{m}$) (18,3 % contre 11,6 %, $p=0,049$). La probabilité de détecter de l'ARN dans les échantillons d'air augmentait s'ils étaient prélevés dans des zones de patients (par opposition aux zones sans patients, RC : 1,8, 1,16-2,78) et là où des IMGA étaient réalisées (par opposition à l'absence d'IMGA, RC : 2,6, 1,46-4,51).¹³⁰

Dans une revue systématique et une méta-analyse de 25 études portant sur des milieux de travail (recherche jusqu'au 24 décembre 2020), Cherrie et coll. (2021) ont signalé une positivité médiane de l'ARN du SRAS-CoV-2 de 6,6 % (plage d'échantillons : 2-135) dans les échantillons d'air.¹³¹ Des virus viables ont été mis en culture à partir d'échantillons d'air prélevés dans 10 % (1/10) des études primaires. Dans 22 études qui ont prélevé des échantillons de surface et d'air, le taux de positivité des échantillons de surface a augmenté en même temps que le taux de positivité des échantillons d'air.¹³¹

Aghalari et coll. (2021) ont réalisé une revue systématique des données probantes portant sur la transmission du SRAS-CoV-2 par l'air intérieur dans 11 études portant sur des hôpitaux (recherche jusqu'au 1^{er} octobre 2020).¹³² Sept études ont signalé au moins un échantillon d'air positif à l'ARN du SRAS-CoV-2, dans lesquelles certains échantillons positifs ont été recueillis à plus de 1,5 m des patients. Les auteurs ont conclu que la présence du SRAS-CoV-2 dans l'air des hôpitaux était influencée par des facteurs tels que : les conditions environnementales intérieures, les méthodes d'échantillonnage, la hauteur d'échantillonnage et la distance par rapport aux patients, le débit, la durée d'échantillonnage,

l'efficacité et la fonctionnalité des systèmes de ventilation, l'utilisation de désinfectants et la quantité de particules dans l'air.¹³²

Dans une revue systématique de la portée et une méta-analyse de 24 études observationnelles transversales menées dans des établissements de santé (recherche jusqu'au 27 octobre 2020), Birgand et coll. (2020) ont signalé que 17,4 % (82/471) des échantillons d'air provenant de l'environnement des patients étaient positifs pour l'ARN (il n'y avait pas de différence de positivité à une distance ≤ 1 m [2,5 %] ou 1-5 m [5,5 %] des patients, $p=0,22$).¹³³ Lorsque la mise en culture a été tentée, un virus viable a été détecté dans 8,6 % (7/81) des échantillons. La taille des particules d'aérosol a atteint un pic dans la fraction $< 1 \mu\text{m}$ dans les chambres des patients et les salles de changement de l'EPI, comparativement à une taille des particules $> 4 \mu\text{m}$ à leur pic dans les bureaux du personnel.¹³³

Littérature primaire

La littérature primaire était en accord avec les résultats des examens, notant une incohérence dans les fractions de taille de particules qui contiennent le plus de SRAS-CoV-2, la détection de virus viable dans les échantillons d'air et la distance des patients à laquelle l'ARN du SRAS-CoV-2 et le virus viable ont été détectés.

La majorité des échantillons d'air ont recueilli des particules d'air d'un diamètre $\leq 5 \mu\text{m}$ ($n=12$ études), suivies des particules de taille inconnue ($n=6$), toutes les tailles de particules ($n=6$), $\leq 10 \mu\text{m}$ ($n=5$), $> 10 \mu\text{m}$ ($n=2$), $> 5 \mu\text{m}$ ($n=1$), $< 20 \mu\text{m}$ ($n=1$) et $< 100 \mu\text{m}$ ($n=1$) (plusieurs tailles étudiées dans plusieurs études).¹³⁴⁻¹⁵⁷ En raison du large éventail de méthodes utilisées dans les études, il n'a pas été possible de généraliser les fractions de taille de particules qui contiennent le plus d'ARN du SRAS-CoV-2, mais cette observation en soi implique que le SRAS-CoV-2 existe probablement sur une large gamme de tailles de particules. Dans une étude portant sur 99 chambres ($n=138$ échantillons d'air) dans des établissements de soins de santé et des établissements correctionnels (Ontario, Manitoba), Mallach et coll. (2021) ont signalé qu'il n'y avait pas de différence importante dans la positivité de l'ARN selon la taille des particules ($2,5 \mu\text{m}$: 9,1 % [6/66]; $< 10 \mu\text{m}$: 13,5 % [7/52]; toutes les tailles $> 0,5 \mu\text{m}$: 10,0 % [2/20]; $p=0,74$).¹⁴⁸ Dans une expérience mesurant les concentrations virales après avoir respiré, parlé et chanté chez 19 patients atteints de la COVID-19 à Singapour (février à avril 2021), Coleman et coll. (2021) ont signalé que les particules $\leq 5 \mu\text{m}$ de diamètre constituaient 85,4 % de la charge totale d'ARN viral émise par les participants, comparativement aux particules $> 5 \mu\text{m}$ de diamètre.¹⁴⁹

Dans les 11 principales études portant sur des échantillons d'air à ARN positif, la relation entre la distance et la positivité était incohérente.^{134,136,138,139,145,146,148,149,151,153,157} Dans une étude réalisée dans un hôpital (Ahvaz, Iran), les échantillons d'air prélevés à 1 m ou 3 m des lits des patients étaient positifs à l'ARN du SRAS-CoV-2 (11,8 %, 6/51) (Baboli et coll. 2021).¹⁴⁵ Quatre des échantillons positifs ont été prélevés dans des chambres de patients et deux dans des couloirs, ce qui pourrait indiquer une transmission sur une longue distance. Une étude menée par Guo et coll. (2020) à Wuhan, en Chine (février à mars 2020), a détecté l'ARN du SRAS-CoV-2 dans 35 % (14/40) des échantillons d'air dans une unité de soins intensifs et dans 12,5 % (2/16) des échantillons d'air dans la salle générale qui prenait en charge les patients atteints de la COVID-19.¹³⁶ Quinze des 16 échantillons d'air positifs à la RT-PCR ont été prélevés à ≤ 2 m des patients, un échantillon positif ayant été prélevé à 4 m des patients. Dans une étude d'échantillons d'air au sein d'un hôpital (aires ouvertes à ventilation naturelle, unités d'isolement

à ventilation mécanique) à Singapour (février à mai 2020), Ang et coll. (2021) ont signalé que l'ARN du SRAS-CoV-2 a été détecté dans 50 % (6/12) des échantillons prélevés ≤0,9 m des patients, 54 % (7/13) à 2,5-5,5 m et 0 % (0/2) à 9,8 – 13,3 m.¹⁵⁷

Cinq études n'ont pas réussi à mettre en culture le SRAS-CoV-2 viable à partir d'échantillons d'air positifs à l'ARN lorsqu'elles ont été tentées,^{141,146,148,149,157} tandis que six études ont réussi à mettre en culture le virus viable à partir d'échantillons d'air.^{134,135,142-144,146} Dans une étude sur l'ARN du SRAS-CoV-2 dans des aérosols fractionnés par taille provenant de six patients (avril 2020, Nebraska, États-Unis), Santarpia et coll. (2021) ont signalé que l'ARN et le virus viable ont été mis en culture à partir de tous les échantillons fractionnés : <1 µm (3/6 échantillons avec virus viable), 1-4 µm (2/6), >4,1 µm (1/6).¹⁴⁴ Lednicky et coll. (2021) ont détecté un virus SRAS-CoV-2 viable sur le siège du passager avant d'une voiture conduite par un patient ne présentant pas de symptômes de toux (date de l'étude non indiquée, Floride, États-Unis).¹⁴² L'échantillonneur d'air a fonctionné pendant que le patient conduisait pendant 15 minutes avec les vitres relevées et le climatiseur en marche, puis pendant deux heures supplémentaires. Le virus viable a été mis en culture uniquement à partir de la fraction 0,25-0,5 µm, qui présentait également la plus grande quantité de copies détectables d'ARN viral.

Transmissibilité accrue des variants préoccupants (VP)

Auparavant, SPO a évalué les mécanismes potentiels de la transmission accrue des VP; cependant, rien ne prouve encore que les voies de transmission de l'Omicron ou d'autres VP soient fondamentalement différentes.^{15,16} Selon de nouvelles données probantes, d'autres VP, comme le Delta, ont une plus grande stabilité dans les aérosols et sur les surfaces, ce qui signifie que le Delta peut être plus facilement transmis par les aérosols sur une longue distance et les matières contaminées, respectivement.^{15,17,18} Il semble que l'Omicron ait une stabilité sur les surfaces également plus élevée, mais la stabilité dans les aérosols reste inconnue.¹⁵⁸

Les taux d'attaque des ménages pour Delta et Omicron sont plus élevés que pour le SRAS-CoV-2 de type sauvage ou d'autres VP, comme l'ont montré trois études épidémiologiques (Royaume-Uni, Danemark) et une étude de simulation.^{15,159-162} Ces études ont démontré la transmissibilité accrue de Delta et d'Omicron et le risque accru de transmission sur une courte distance (les ménages étant utilisés comme indicateurs); toutefois, ces études n'ont pas exclu la transmission sur une longue distance. La UK Health Security Agency (2021) a signalé un risque accru de transmission intrafamiliale par les cas index d'Omicron comparativement aux cas index de Delta (RCC : 3,2, IC de 95 % : 2,0-5,0).¹⁶²

Il y avait un risque accru qu'un contact étroit proche devienne un cas secondaire (RCC : 2,1, IC de 95 % : 1,54-2,79) et le taux d'attaque secondaire intrafamiliale d'Omicron était de 21,6 % (IC de 95 % : 16,7-27,4), comparativement au Delta (10,7 %, IC de 95 % : 10,5-10,8). Dans une étude de simulation, Mikszewski et coll. (2021) ont estimé que les cas de Delta étaient plus de deux fois plus nombreux à infecter leurs contacts étroits (0,8 m) (64-69 %) que les cas de type sauvage (29 %).¹⁶⁰ En outre, le paramètre de dispersion (k) était plus élevé pour le Delta (0,49) que pour les souches de type sauvage (0,13) (une dispersion élevée peut indiquer une transmission sur une longue distance).

Trois études épidémiologiques (Hong Kong, Nouvelle-Zélande) menées dans des installations de quarantaine ont démontré la possibilité d'une transmission sur une longue distance des variants Delta et

Omicron par les aérosols.²⁰⁻²² Gu et coll. (2021) ont signalé la détection du variant Omicron du SRAS-CoV-2 chez un voyageur asymptomatique et entièrement vacciné (cas A) dans un hôtel de quarantaine à Hong Kong, en Chine (novembre 2021), ainsi que la transmission potentielle à un voyageur entièrement vacciné (cas B) dans une chambre située de l'autre côté du couloir.²² Les images du système de télévision en circuit fermé de l'hôtel ont confirmé qu'aucun des deux cas n'a quitté sa chambre pendant la période de quarantaine et qu'ils n'ont ouvert leur porte que pour prendre les repas livrés dans leur chambre. Les auteurs ont donné à penser que la transmission par voie aérienne dans le couloir était le mode de transmission le plus probable. Wong et coll. (2021) ont signalé les résultats de tests de circulation d'air effectués dans l'hôtel de quarantaine de Hong Kong mentionné ci-dessus.²⁰ Lorsque le cas A a ouvert sa porte, l'air s'est écoulé de la chambre vers le couloir jusqu'à la chambre du cas B. Dans la chambre du cas B, l'échantillonnage environnemental (trois jours après le transfert du cas) a détecté la souche Omicron identique à celle du cas B sur une partie non accessible du plafond (2 m de hauteur). La largeur de la salle était de 1,5 m, mais la distance entre les portes n'a pas été indiquée.²⁰ Une étude similaire en Nouvelle-Zélande a démontré la transmission par aérosols sur une longue distance (2 m) du Delta à travers un hall dans une installation de quarantaine.¹⁹

Limites des études incluses

Les études épidémiologiques et de recherche des contacts étaient limitées par la petite taille des échantillons et la nature rétrospective des études. En outre, les contacts et l'exposition entre les sources et les récepteurs n'étaient pas tous connus (la plupart du temps auto-déclarés), ce qui signifie qu'il aurait pu y avoir d'autres modes de transmission sur différentes distances. Dans la plupart des études épidémiologiques, les chercheurs n'ont pas effectué de séquençage du génome entier (WGS), ce qui rend difficile l'évaluation des liens de transmission et des voies de transmission potentielles. Les contacts des cas index n'ont pas tous été testés; il pourrait donc y avoir une sous-estimation des taux d'attaque. Une grande partie de la littérature primaire qui a tenté de documenter la transmission sur de courtes ou de longues distances n'a pas inclus les comportements des cas index/secondaires (port du masque, conversation, toux) ou les charges virales, qui auraient eu une incidence sur la distance et le risque de transmission. En raison du biais de rappel, il n'était pas toujours possible de déterminer le moment et le lieu des expositions. Dans les études épidémiologiques, les auteurs n'ont pas examiné toutes les distances possibles par rapport aux sources et peu d'entre eux ont étudié la circulation de l'air ou la ventilation.

Pour les études de modélisation expérimentale, il convient de mentionner plusieurs limites. En particulier, il y avait des incertitudes associées à plusieurs paramètres utilisés dans ces études, comme la dose infectieuse et les charges virales émises par les sources. La simulation de l'expiration des particules d'une source est compliquée et tout modèle ou simulation ne reflétera pas les complexités du monde réel. Dans la plupart des cas, les chercheurs ont simplifié les scénarios pour tester leurs hypothèses, tout en notant que les études futures doivent tenir compte de certaines des complexités de ce type d'études.¹⁶³

Les études sur le taux d'attaque secondaire présentaient des limites, notamment l'autodéclaration des données par les cas index et secondaires, comme les données sur les symptômes et les contacts. Les études ont utilisé des définitions variables du contact et du contact étroit, ce qui a probablement eu une

incidence sur la comparabilité entre les études. Il y avait probablement un biais de rappel dans les études, avec un meilleur rappel pour les contacts familiaux que pour les contacts non familiaux ou pour les cas symptomatiques, qui avaient probablement plus de temps pour se préparer aux questions sur les expositions et les contacts. Il y a probablement eu des erreurs de classification des cas en tant que cas index ou cas secondaires; par exemple, si le cas index a une longue période d'incubation comparativement aux contacts, les cas pourraient être mal classés. S'il y a un nombre plus élevé de cas asymptomatiques ou de cas non testés par RT-PCR dans une étude donnée, les auteurs ont pu manquer ces cas dans leurs analyses et sous-estimer les taux d'attaque secondaire. Enfin, la plupart des études ont utilisé des échantillons de commodité; par conséquent, les résultats peuvent ne pas être applicables à toutes les populations.

Dans les études d'échantillonnage de l'air, il n'existait pas de méthode normalisée pour quantifier l'ARN du SRAS-CoV-2, ce qui rendait difficile la comparaison des résultats entre les études. La quantification de l'ARN était d'autant plus compliquée que la plupart des études ne faisaient pas état d'un seuil de détection et excluaient les contrôles de qualité. La détection de l'ARN du SRAS-CoV-2 a fait appel à une variété de conditions de RT-PCR et de gènes cibles (p. ex. ARN polymérase ARN-dépendante [RdRp], nucléocapside 1 [N1], nucléocapside 2 [N2], enveloppe [E], cadre de lecture ouvert 1ab [ORF1ab]). En outre, les études ont échantillonné des volumes variés sur des périodes variables, avec différents échantillonneurs de sensibilité variable (p. ex. impacteur en cascade, échantillonneur centrifuge, échantillonneur portable MD8) et des filtres (p. ex. fibre de quartz, polytétrafluoroéthylène [PTFE], polycarbonate, gélatine). Les études futures devraient normaliser les méthodologies, en utilisant des échantillonneurs et des protocoles d'échantillonnage largement acceptés, avec un volume et une durée de prélèvement standard. Les protocoles d'échantillonnage devraient permettre de prélever une fraction spécifiée des tailles de particules et de rendre compte de l'efficacité du prélèvement avec des limites de taille inférieures et supérieures, le cas échéant. Récemment, des chercheurs ont réalisé des études pour normaliser et optimiser le prélèvement du SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air, y compris la détection de l'ARN et du virus viable.^{164,165}

D'autres recherches sont nécessaires pour concilier les différences dans la détection de l'ARN viral et la viabilité du virus dans les échantillons d'air. Dans la plupart des cas, la corrélation entre les valeurs C_t et la viabilité des cultures était propre à chaque étude, en raison de la variabilité des cibles génétiques utilisées et des conditions de RT-PCR. Les différences peuvent être attribuables à plusieurs facteurs, notamment : 1) les dispositifs d'échantillonnage de l'air potentiellement incapables de maintenir la viabilité du virus capturé; 2) le moment de l'échantillonnage de l'air varie selon le temps écoulé depuis l'apparition des symptômes, la gravité de la maladie ou la charge virale; et 3) les conditions de ventilation (contrôles techniques) réduisant les concentrations d'aérosols viraux à des niveaux indétectables. La mise en culture du SRAS-CoV-2 est techniquement difficile et exige beaucoup de travail; par conséquent, l'absence de cultures positives n'indique pas nécessairement une absence de virus infectieux.

Conclusions et orientations futures

Comme l'ont montré les études épidémiologiques et expérimentales/modèles, la transmission du SRAS-CoV-2 se fait par l'intermédiaire d'un spectre de particules respiratoires de différentes tailles, par dépôt

direct sur les muqueuses et par inhalation sur de courtes et de longues distances. Par conséquent, la dichotomie de la transmission du SRAS-CoV-2 entre gouttelettes et aérosols ne reflète pas exactement ce spectre. En fait, l'infection peut se produire par de multiples voies et tailles de particules en fonction du contexte lié à la source, au récepteur et aux conditions environnementales. D'autres virus respiratoires, comme la grippe, ont également été décrits comme présentant un spectre de tailles de particules respiratoires contribuant à la transmission.^{166,167}

Le risque de transmission du SRAS-CoV-2 est plus élevé en cas d'exposition rapprochée (<2 m), non protégée (sans mesures de prévention multiples) et prolongée à une personne infectieuse. Le risque de transmission sur de plus grandes distances augmente en cas de ventilation inadéquate ou de recirculation d'air non filtré ou non traité, d'activités impliquant une expulsion accrue d'aérosols (p. ex. crier, tousser, faire de l'exercice) et d'absence de contrôle à la source, de port du masque et de distanciation physique.²³⁻³⁰ L'augmentation de la transmission des aérosols rend nécessaire l'utilisation de masques médicaux ou de respirateurs bien ajustés et une efficacité de filtrage optimisée.^{23,24,168} Il n'a pas été possible de définir des mesures ou des seuils pour une ventilation inadéquate selon les descriptions disponibles des contextes dans lesquels une ventilation inadéquate a été signalée comme contribuant à la transmission. Cependant, il s'agissait de situations où l'air circule sans filtration ou échange avec de l'air frais, où il n'y a pas de ventilation (p. ex. des pièces sans fenêtre et sans système de ventilation), et où la taille de la pièce et le taux de ventilation par rapport à la quantité d'aérosols infectieux générés dépassent un seuil inconnu de risque d'infection. Certains VP peuvent être transmis plus efficacement par tous les modes de transmission; cependant, rien ne prouve qu'un VP quelconque se transmette par des voies fondamentalement différentes.¹⁶⁹⁻¹⁷¹

La délimitation des contributions relatives de la taille des particules et des voies d'exposition aux modèles globaux de transmission est compliquée par les facteurs dynamiques source/récepteur et les facteurs liés aux voies d'exposition. Par exemple, chaque interaction entre l'infecteur et l'infecté est influencée par les activités de la source et sa charge virale (p. ex. l'expulsion forcée de particules respiratoires pendant la toux ou le chant, le moment de la maladie), l'adhésion de la source et du récepteur aux mesures préventives en place (p. ex. la distanciation physique, le port du masque, la ventilation) et les facteurs liés à la trajectoire de transmission (p. ex. la circulation d'air, la lumière UV, la température, l'humidité).¹⁷²

Rutter et coll. (2021) ont mis au point une infographie interactive fondée sur des experts qui visualise les voies de transmission du SRAS-CoV-2 et estime le risque d'infection.³¹ L'infographie est fondée sur un scénario, permettant à l'utilisateur de modifier une série de facteurs pour la source et le récepteur, notamment l'activité (parler, tousser), le lieu (pièce intérieure, plein air), la distance entre la source et le récepteur (>2 m, <2 m), la ventilation (activée ou désactivée), le contact physique (table partagée, contact direct), le type de surface (métal, papier), le couvre-visage (masque chirurgical, masque en tissu, FFP3) et l'hygiène des mains (oui, non). Ces travaux complètent les données probantes sur les multiples facteurs contextuels qui influent sur la transmission et l'importance des multiples couches de prévention nécessaires pour atténuer la transmission.

Les études relatives à l'identification d'un mode de transmission précis sont généralement de piètre qualité. De plus, les données provenant de différents domaines (p. ex. l'épidémiologie et la

modélisation) peuvent diverger en ce qui a trait aux conclusions tirées sur le rôle des particules respiratoires de différentes tailles dans la transmission sur de courtes distances et à l'importance relative des événements de transmission sur de longues distances. Il faut poursuivre les études pour enrichir les données sur la quantité de particules virales nécessaires pour provoquer une infection, ainsi que sur la viabilité du SRAS-CoV-2 dans les aérosols. Enfin, l'élucidation des facteurs de risque de transmission propres au milieu (p. ex. les différences entre les facteurs liés à la source et au récepteur et facteurs liés à la voie de transmission dans les milieux de soins de santé, les immeubles résidentiels, les établissements scolaires, les entrepôts, les moyens de transport) pourrait permettre de mieux comprendre les mécanismes de transmission et l'efficacité des mesures de contrôle.

La pandémie de COVID-19 a fait ressortir l'importance de la collaboration pluridisciplinaire pour comprendre la transmission du virus et établir un lexique pour la décrire.¹⁷³⁻¹⁷⁵ En effet, lorsque l'analyse et l'interprétation des données sont compliquées par les différentes terminologies utilisées par les intervenants de la santé publique, les cliniciens, les spécialistes des aérosols et le public, la détermination et l'application de mesures d'atténuation appropriées s'en trouvent d'autant retardées.¹⁷³

Retombées sur la pratique

Le présent document résume l'évolution des données probantes sur la transmission du SRAS-CoV-2 par les particules respiratoires. Ces données confirment l'importance d'intégrer plusieurs niveaux de contrôle des infections pour atténuer la transmission. Pour traduire ces renseignements en recommandations de mesures de contrôle, il faut également tenir compte d'autres données qui ne sont pas examinées dans le présent document, sur l'efficacité des mesures de contrôle au niveau de la population : 1) l'efficacité des mesures isolées et combinées en tant que mesures d'atténuation à plusieurs niveaux; 2) l'efficacité des mesures dans la communauté par opposition aux milieux de soins de santé; et 3) l'efficacité tenant compte de l'incidence de la fidélité de la mise en œuvre, qui peut varier considérablement entre les individus et les groupes.

L'essentiel de la transmission de la maladie se produit dans des milieux intérieurs bondés, mal ventilés et où les personnes ne portent pas de masque.^{168,176,177} Comme le SRAS-CoV-2 se transmet tôt dans l'évolution de l'infection, le plus souvent pendant la période asymptomatique ou présymptomatique et dans les deux premiers jours suivant l'apparition des symptômes, il est possible que les cas ne consultent pas les services de santé pendant la phase la plus transmissible.¹⁷⁸⁻¹⁸² Dans tous les milieux, il est nécessaire de recourir à de multiples mesures de contrôle pour atténuer les facteurs de transmission dynamiques et s'attaquer aux voies de transmission potentielles. SPO a déjà formulé des recommandations concernant les mesures de PCI dans les milieux de soins de santé.^{38,39} Ces documents intègrent les données existantes sur les différents modes de transmission et l'expérience des administrations en matière de mesures de contrôle et de gestion des éclosions à ce jour, et recommandent l'utilisation de la hiérarchie des contrôles des dangers pour réduire le risque de transmission.

Jusqu'à ce que nous ayons une meilleure compréhension de la transmission du variant Omicron, nous recommandons une approche prudente qui souligne l'importance des mesures à plusieurs niveaux pour

prévenir la transmission du SRAS-CoV-2, dans le but de réduire la morbidité et la mortalité. Plusieurs ressources existent pour guider les communautés (p. ex. les lieux de travail non liés aux soins de santé, les espaces publics et privés) sur la façon de réduire le risque de transmission du SRAS-CoV-2 par une approche à plusieurs niveaux de mesures de santé publique conçues pour atténuer la transmission.³²⁻³⁴

La pierre angulaire d'une approche à plusieurs niveaux de la prévention du SRAS-CoV-2 est une combinaison de mesures visant à atténuer l'exposition, en particulier dans les espaces clos, les lieux bondés et les situations de contact étroit. Le degré de nécessité ou de possibilité des différents niveaux d'atténuation dépendra du milieu et du contexte de risque, sachant que tout le monde ne peut pas éviter les espaces clos, les lieux bondés et les situations de contact étroit. Indépendamment de la contribution relative de la taille des particules respiratoires, il est possible d'atténuer la transmission grâce aux mesures à plusieurs niveaux : se faire vacciner, rester chez soi si l'on présente des symptômes de la COVID-19 ou si l'on a été exposé à une personne infectée par le SRAS-CoV-2, limiter le nombre et la durée des contacts avec des personnes en dehors de son ménage, en particulier à l'intérieur, assurer la distanciation physique et éviter les lieux intérieurs bondés, améliorer la ventilation et/ou la filtration à l'intérieur, porter un masque (appareil respiratoire n'ayant pas fait l'objet d'essais d'ajustement, masque médical ou masque non médical à trois couches bien ajusté), pratiquer l'hygiène des mains, respecter l'étiquette respiratoire et procéder au nettoyage de l'environnement.

Bibliographie

1. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). La transmission de la COVID-19 par les gouttelettes respiratoires et les aérosols... Ce que nous savons jusqu'à présent [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwksf/2021/05/wwksf-transmission-respiratory-aerosols.pdf?sc_lang=fr
2. Agence de la santé publique du Canada. Pratiques de Base et Précautions Additionnelles Visant à Prévenir la Transmission des Infections dans les Milieux de Soins [Internet]. Ottawa, Ont. : Sa Majesté la Reine du chef du Canada; 2013 [modifié en 2016; cité le 21 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/services/publications/diseases-conditions/routine-practices-precautions-healthcare-associated-infections/pratiques-de-base-precautions-infections-aux-soins-de-sante-2016-FINAL-fra.pdf>
3. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario), Comité consultatif provincial des maladies infectieuses. Pratiques de base et précautions supplémentaires dans tous les établissements de soins de santé. 3^e édition. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2012. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/b/2012/bp-rpap-healthcare-settings.pdf?la=fr>
4. Drossinos Y., Weber T.P., Stilianakis N.I. Droplets and aerosols: an artificial dichotomy in respiratory virus transmission. *Health Sci Rep.* 2021; vol. 4, n° 2, e275. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC8103093/>
5. Samet J.M., Burke T.A., Lakdawala S.S., Lowe J.J., Marr L.C., Prather K.A., et coll. SARS-CoV-2 indoor air transmission is a threat that can be addressed with science. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2021; vol. 118, n° 45, e2116155118. Disponible à : <https://www.pnas.org/content/118/45/e2116155118>
6. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Ce que nous savons jusqu'à présent sur les autres voies de transmission de la COVID-19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 21 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwksf/2020/12/routes-transmission-covid-19.pdf?la=fr>
7. Khangura S., Konnyu K., Cushman R., Grimshaw J., Moher D. Evidence summaries: the evolution of a rapid review approach. *Syst Rev.* 2012; vol. 1, n° 1, p. 10. Disponible à : <https://doi.org/10.1186/2046-4053-1-10>
8. Li Y., Cheng P., Jia W. Poor ventilation worsens short-range airborne transmission of respiratory infection. *Indoor Air.* 27 oct. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1111/ina.12946>
9. Offner A., Vanneste J. Lifetime of respiratory saliva droplets. *arXiv 2111.06227* [prépublication]. 3 nov. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://arxiv.org/abs/2111.06227>
10. Newsom R.B., Amara A., Hicks A., Quint M., Pattison C., Bzdek B.R., et coll. Comparison of droplet spread in standard and laminar flow operating theatres: SPRAY study group. *J Hosp Infect.* 2021; vol. 110, p. 194-200. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2021.01.026>

11. Schade W., Reimer V., Seipenbusch M., Willer U., Hübner E.G. Viral aerosol transmission of SARS-CoV-2 from simulated human emission in a concert hall. *Int J Infect Dis.* 2021; vol. 107, p. 12-4. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijid.2021.04.028>
12. Ishak M.H.H., Ismail F., Chang W.S., Aziz M.S.A. Effect of relative humidity and wind on the human sneezing to prevent virus transmission: a numerical approach. *Aerosol Sci Technol.* 22 oct. 2021 [Diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1080/02786826.2021.1990848>
13. Shah A.A., Dusseldorp F., Veldhuijzen I.K., te Wierik M.J.M., Bartels A., Schijven J., et coll. High SARS-CoV-2 attack rates following exposure during singing events in the Netherlands, September-October 2020. *medRxiv* 21253126 [prépublication]. 6 juil. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.03.30.21253126v2>
14. de Oliveira P.M., Mesquita L.C.C., Gkantonas S., Giusti A., Mastorakos E. Evolution of spray and aerosol from respiratory releases: theoretical estimates for insight on viral transmission. *Proc R Soc A.* 2021; vol. 477, n° 2245, 20200584. Disponible à : <https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0584>
15. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Variant Omicron du SRAS-CoV-2 et port du masque dans la communauté [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/voc/2021/12/omicron-variant-community-masking.pdf?sc_lang=fr
16. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Mécanismes expliquant la transmission accrue des variants préoccupants du SRAS-CoV-2 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 30 juin 2021 [cité le 13 déc. 2021]. Disponible à : https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/voc/2021/07/mechanisms-increased-transmission-sars-cov2-voc.pdf?sc_lang=fr
17. Schuit M., Biryukov J., Beck K., Yolitz J., Bohannon J., Weaver W., et coll. The stability of an isolate of the SARS-CoV-2 B.1.1.7 lineage in aerosols is similar to three earlier isolates. *J Infect Dis.* 2 avr. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33822064/>
18. Meister T.L., Fortmann J., Todt D., Heinen N., Ludwig A., Brüggemann Y., et coll. Comparable environmental stability and disinfection profiles of the currently circulating SARS-CoV-2 variants of concern B.1.1.7 and B.1.351. *J Infect Dis.* 2021; vol. 224, n° 3, p. 420-424. Disponible à : <https://academic.oup.com/jid/article/224/3/420/6276396>
19. Fox-Lewis A., Williamson F., Harrower J., Ren X., Sonder G.J.B., McNeill A., et coll. Airborne transmission of SARS-CoV-2 Delta variant within tightly monitored isolation facility, New Zealand (Aotearoa). *Emerg Infect Dis.* 2021; vol. 28, n° 3. Disponible à : https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/28/3/21-2318_article
20. Wong S.C., Au A.K., Chen H., Yuen L.L., Li X., Lung D.C., et coll. Transmission of Omicron (B.1.1.529) - SARS-CoV-2 variant of concern in a designated quarantine hotel for travelers: a challenge of elimination strategy of COVID-19. *Lancet Reg Health West Pac.* 23 déc. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : [https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065\(21\)00269-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanwpc/article/PIIS2666-6065(21)00269-8/fulltext)

21. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Review of “Probable transmission of SARS-CoV-2 Omicron variant in quarantine hotel, Hong Kong, China, November 2021.” [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l’Ontario; 2021 [cité le 7 janv. 2022]. Disponible à : https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/research/2021/12/synopsis-gu-eid-omicron.pdf?sc_lang=en&hash=016EDED4690C58D6D2B4923AAE5BDB2
22. Gu H., Krishnan P., Ng D.Y.M., Chang L.D.J., Liu G.Y.Z., Cheng S.S.M., et coll. Probable transmission of SARS-CoV-2 Omicron variant in quarantine hotel, Hong Kong, China, November 2021. *Emerg Infect Dis.* 3 déc. 2021 [diffusion en ligne avant l’impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2802.212422>
23. Tang J.W., Marr L.C., Li Y., Dancer S.J. Covid-19 has redefined airborne transmission. *BMJ.* 2021; vol. 373, p. n913. Disponible à : <https://doi.org/10.1136/bmj.n913>
24. van der Valk J.P.M., In't Veen J.C.C.M. SARS-Cov-2: the relevance and prevention of aerosol transmission. *J Occup Environ Med.* 2021; vol. 63, n° 6, p. e395-401. Disponible à : <https://doi.org/10.1097/jom.0000000000002193>
25. Gettings J., Czarnik M., Morris E., Haller E., Thompson-Paul A.M., Rasberry C., et coll. Mask use and ventilation improvements to reduce COVID-19 incidence in elementary schools - Georgia, November 16-December 11, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2021; vol. 70, n° 21, p. 779-84. Disponible à : <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7021e1>
26. Chu D.K.W., Gu H., Chang L.D.J., Cheuk S.S.Y., Gurung S., Krishnan P., et coll. SARS-CoV-2 superspread in fitness center, Hong Kong, China, March 2021. *Emerg Infect Dis.* 2021; vol. 27, n° 8, p. 2230-2. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2708.210833>
27. Baraniuk C. Covid-19: what do we know about airborne transmission of SARS-CoV-2? *BMJ.* 2021; vol. 373, n1030. Disponible à : <https://www.bmj.com/content/373/bmj.n1030>
28. Allen J.G., Ibrahim A.M. Indoor Air Changes and potential implications for SARS-CoV-2 transmission. *JAMA.* 2021; vol. 325, n° 20, p. 2112-3. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jama.2021.5053>
29. Addleman S., Leung V., Asadi L., Sharkawy A., McDonald J. Mitigating airborne transmission of SARS-CoV-2. *CMAJ.* 2021; vol. 193, n° 26, p. E1010-1. Disponible à : <https://doi.org/10.1503/cmaj.210830>
30. Riediker M., Tsai D.H. Estimation of viral aerosol emissions from simulated individuals with asymptomatic to moderate coronavirus disease 2019. *JAMA Netw Open.* 2020; vol. 3, no 7, e2013807. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.13807>
31. Rutter H., Parker S., Stahl-Timmins W., Noakes C., Smyth A., Macbeth R., et coll. Visualising SARS-CoV-2 transmission routes and mitigations. *BMJ.* 2021; vol. 375, e065312. Disponible à : <https://doi.org/10.1136/bmj-2021-065312>
32. Gouvernement de l'Ontario. Ressources pour prévenir la COVID-19 dans les lieux de travail [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l’Ontario; 2020 [mis à jour le 30 avr. 2021; cité le 14 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.ontario.ca/fr/page/sante-securite-au-travail-durant-covid-19>

33. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. COVID-19 : guide sur la santé et la sécurité en milieu de travail. [Internet]. Hamilton, Ont. : Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail; 2020 [cité le 14 déc. 2021]. Disponible à : https://publications.gc.ca/collections/collection_2021/cchst-ccohs/CC273-2-20-2-fra.pdf
34. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Réduisez votre risque d'exposition à la COVID-19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 14 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/factsheet/2020/12/reduce-risk/factsheet-covid-19-reduce-your-risk.pdf?la=fr>
35. Milton D.K. A. Rosetta Stone for understanding infectious drops and aerosols. *J Pediatr Infect Dis Soc.* 2020; vol. 9, n° 4, p. 413-5. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/jpids/piaa079>
36. Xie X., Li Y., Chwang A.T., Ho P.L., Seto W.H. How far droplets can move in indoor environments--revisiting the Wells evaporation-falling curve. *Indoor Air.* 2007; vol. 17, n° 3, p. 211-25. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2007.00469.x>
37. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Aerosols [Internet]. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention; 2010 [cité le 21 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.cdc.gov/niosh/topics/aerosols/>
38. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Interim IPAC recommendations for use of personal protective equipment for care of individuals with suspect or confirmed COVID 19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 21 déc. 2021]. Disponible à : [https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/updated-ipac-measures-covid-19.pdf?la=en#:~:text=529\)%20variant%2C%20the%20interim%20recommended,protection%2C%20gown%2C%20and%20gloves](https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/updated-ipac-measures-covid-19.pdf?la=en#:~:text=529)%20variant%2C%20the%20interim%20recommended,protection%2C%20gown%2C%20and%20gloves)
39. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario), Comité consultatif provincial des maladies infectieuses. Lignes directrices provisoires sur la prévention et le contrôle des variants préoccupants du SRAS-CoV-2 à l'intention des lieux de soins de santé. 2^e révision [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 21 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/voc/2021/02/pidac-interim-guidance-sars-cov-2-variants.pdf?la=fr>
40. Blomquist P.B., Bolt H., Packer S., Schaefer U., Platt S., Dabrera G., et coll. Risk of symptomatic COVID-19 due to aircraft transmission: a retrospective cohort study of contact-traced flights during England's containment phase. *Influenza Other Respir Viruses.* 2021; vol. 15, n° 3, p. 336-44. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/irv.12846>
41. Toyokawa T., Shimada T., Hayamizu T., Sekizuka T., Zukeyama Y., Yasuda M., et coll. Transmission of SARS-CoV-2 during a 2-h domestic flight to Okinawa, Japan, March 2020. *Influenza Other Respir Viruses.* 3 oct. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34605181/>
42. Hu M., Wang J., Lin H., Ruktanonchai C.W., Xu C., Meng B., et coll. Risk of SARS-CoV-2 transmission among air passengers in China. *Clin Infect Dis.* 21 sept. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1093/cid/ciab836>

43. Tsuchihashi Y., Yamagishi T., Suzuki M., Sekizuka T., Kuroda M., Itoi T., et coll. High attack rate of SARS-CoV-2 infections during a bus tour in Japan. *J Travel Med.* 23 juil. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1093/jtm/taab111>
44. Hu M., Lin H., Wang J., Xu C., Tatem A.J., Meng B., et coll. Risk of coronavirus disease 2019 transmission in train passengers: an epidemiological and modeling study. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 72, n° 4, p. 604-10. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1057>
45. Klompas M., Baker M.A., Griesbach D., Tucker R., Gallagher G.R., Lang A.S., et coll. Transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from asymptomatic and presymptomatic individuals in healthcare settings despite medical masks and eye protection. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 73, n° 9, p. 1693-95. Disponible à : <https://academic.oup.com/cid/article/73/9/1693/6168040>
46. Lucey M., Macori G., Mullane N., Sutton-Fitzpatrick U., Gonzalez G., Coughlan S., et coll. Whole-genome sequencing to track severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) transmission in nosocomial outbreaks. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 72, n° 11), p. e727-35. Disponible à : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32954414/>
47. Hershov R.B., Wu K., Lewis N.M., Milne A.T., Currie D., Smith A.R., et coll. Low SARS-CoV-2 transmission in elementary schools — Salt Lake County, Utah, 3 décembre 2020–31 janvier 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2021; vol. 70, n° 12, p. 442-8. Disponible à : <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7012e3>
48. Jones B., Phillips G., Kemp S., Payne B., Hart B., Cross M., et coll. SARS-CoV-2 transmission during rugby league matches: do players become infected after participating with SARS-CoV-2 positive players? *Br J Sports Med.* 11 févr. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103714>
49. Fierce L., Robey A.J., Hamilton C. Simulating near-field enhancement in transmission of airborne viruses with a quadrature-based model. *Indoor Air.* 2021; vol. 31, n° 6, p. 1843-59. Disponible à : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12900>
50. Zhang X., Wang J. Dose-response relation deduced for coronaviruses from coronavirus disease 2019, severe acute respiratory syndrome, and middle east respiratory syndrome: meta-analysis results and its application for infection risk assessment of aerosol transmission. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 73, n° 1, p. e241-45. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1675>
51. Fu L., Nielson P.V., Wang Y., Liu L. Measuring interpersonal transmission of expiratory droplet nuclei in close proximity. *Indoor Built Environ.* 25 juil. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1177/1420326X211029689>
52. Cortellessa G., Stabile L., Arpino F., Faleiros D.E., van den Bos W., Morawska L., et coll. Close proximity risk assessment for SARS-CoV-2 infection. *Sci Total Environ.* 2021; vol. 794, 148749. Disponible à : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721038213?via%3Dihub>
53. Palmer J.C., Duval D., Tudge I., Sarfo-Annin J.K., Pearce-Smith N., O'Connell E., et coll. Airborne transmission of SARS-CoV-2 over distances greater than two metres: a rapid systematic review. *medRxiv 21265208* [prépublication]. 20 oct. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.10.19.21265208v1>

54. Grudlewska-Buda K., Wiktorczyk-Kapischke N., Wałęcka-Zacharska E., Kwiecińska-Piróg J., Buszko K., Leis K., et coll. SARS-CoV-2-morphology, transmission and diagnosis during pandemic, review with element of meta-analysis. *J Clin Med*. 2021; vol. 10, n° 9, p. 1962. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8125301/pdf/jcm-10-01962.pdf>
55. Comber L., O. Murchu E., Drummond L., Carty P.G., Walsh K.A., De Gascun C.F., et coll. Airborne transmission of SARS-CoV-2 via aerosols. *Rev Med Virol*. 2021; vol. 31, n° 3, e2184. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC7645866/>
56. Katelaris A., Wells J., Clark P., Norton S., Rockett R., Arnott A., et coll. Epidemiologic evidence for airborne transmission of SARS-CoV-2 during church singing, Australia, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2021; vol. 27, n° 6, p. 1677-80. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2706.210465>
57. Miller S.L., Nazaroff W.W., Jimenez J.L., Boerstra A., Buonanno G., Dancer S.J., et coll. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Indoor Air*. 2021; vol. 31, n° 2, p. 314-23. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/ina.12751>
58. Reichert F., Stier O., Hartmann A., Ruscher C., Brinkmann A., Grossegeisse M., et coll. Analysis of two choir outbreaks in Germany in 2020 characterizes long- range transmission risks through SARS-CoV-2 [prépublication]. 21 juin 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.preprints.org/manuscript/202106.0518/v1/download>
59. Jones L.D., Chan E.R., Zabarsky T.F., Cadnum J.L., Navas M.E., Redmond S.N., et coll. Transmission of SARS-CoV-2 on a patient transport van. *Clin Infect Dis*. 24 avr. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/cid/ciab347>
60. Shen Y., Li C., Dong H., Wang Z., Martinez L., Sun Z., et coll. Community outbreak investigation of SARS-CoV-2 transmission among bus riders in Eastern China. *JAMA Intern Med*. 2020; vol. 180, n° 12, p. 1665-71. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.5225>
61. Ou C., Hu S., Luo K., Yang H., Hang J., Cheng P., et coll. Insufficient ventilation led to a probable long-range airborne transmission of SARS-CoV-2 on two buses. *Build Environ*. 2022; vol. 207, 108414. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108414>
62. Armand P., Tache J. Modelling and 3D simulations of the dispersion of droplets and drops carrying the SARS-CoV-2 virus inside semi-conned ventilated spaces –application to a public railway transport coach. *Research Square* [prépublication]. 7 sept. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : https://assets.researchsquare.com/files/rs-861960/v1_covered.pdf?c=1631878290
63. Cheng P., Luo K., Xiao S., Yang H., Hang J., Ou C., et coll. Predominant airborne transmission and insignificant fomite transmission of SARS-CoV-2 in a two-bus COVID-19 outbreak originating from the same pre-symptomatic index case. *J Hazard Mater*. 2021; vol. 425, 128051. Disponible à : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34910996/>
64. Hwang S.E., Chang J.H., Oh B., Heo J. Possible aerosol transmission of COVID-19 associated with an outbreak in an apartment in Seoul, South Korea, 2020. *Int J Infect Dis*. 2021; vol. 104, n° 3, p. 73-6. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.12.035>
65. Lin G., Zhang S., Zhong Y., Zhang L., Ai S., Li K., et coll. Community evidence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) transmission through air. *Atmos Environ*. 2021; vol. 246, 118083. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118083>

66. Wang Q., Li Y., Lung D.C., Chan P.T., Dung C.H., Jia W., et coll. Aerosol transmission of SARS-CoV-2 due to the chimney effect in two high-rise housing drainage stacks. *J Hazard Mater.* 2022; vol. 421, p. 126799. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126799>
67. Li Y., Qian H., Hang J., Chen X., Cheng P., Ling H., et coll. Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant. *Build Environ.* 2021; vol. 196, 107788. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107788>
68. Lu J., Yang Z. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2020; vol. 26, n° 11, p. 2789-91. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2611.203774>
69. Kwon K.-S., Park J.-I., Park Y.J., Jung D.-M., Ryu K.-W., Lee J.-H. Evidence of long-distance droplet transmission of SARS-CoV-2 by direct air flow in a restaurant in Korea. *J Korean Med Sci.* 2020; vol. 35, n° 46, p. e415. Disponible à : <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e415>
70. Zhang N., Chen X., Jia W., Jin T., Xiao S., Chen W., et coll. Evidence for lack of transmission by close contact and surface touch in a restaurant outbreak of COVID-19. *J Infect.* 2021; vol. 83, n° 2, p. 207-16. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1016/j.jinf.2021.05.030>
71. Chaudhuri S., Kasibhatla P., Mukherjee A., Pan W., Morrison G., Mishra S., et coll. Analysis of overdispersion in airborne transmission of Covid-19. medRxiv 21263801 [prépublication]. 30 sept. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.09.28.21263801v1.full.pdf>
72. Goldberg L., Levinsky Y., Marcus N., Hoffer V., Gafner M., Hadas S., et coll. SARS-CoV-2 infection among health care workers despite the use of surgical masks and physical distancing — the role of airborne transmission. *Open Forum Infect Dis.* 2021; vol. 8, n° 3, p. ofab036. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/ofid/ofab036>
73. de Man P., Paltansing S., Ong D.S.Y., Vaessen N., van Nielen G., Koeleman J.G.M. Outbreak of coronavirus disease 2019 (COVID-19) in a nursing home associated with aerosol transmission as a result of inadequate ventilation. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 73, n° 1, p. 170-71. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1093/cid/ciaa1270>
74. Cheng V.C., Fung K.S., Siu G.K., Wong S.C., Cheng L.S., Wong M.S., et coll. Nosocomial outbreak of coronavirus disease 2019 by possible airborne transmission leading to a superspreading event. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 73, n° 6, p. e1356-64. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1093/cid/ciab313>
75. Jung J., Lee J., Jo S., Bae S., Kim J.Y., Cha H.H., et coll. Nosocomial outbreak of COVID-19 in a hematologic ward. *Infect Chemother.* 2021; vol. 53, n° 2, p. 332-41. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.3947/IC.2021.0046>
76. Jung J., Lee J., Kim E., Namgung S., Kim Y., Yun M., et coll. Frequent occurrence of SARS-CoV-2 transmission among non-close contacts exposed to COVID-19 patients. *J Korean Med Sci.* 2021; vol. 36, n° 33, p. e233. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.3346/jkms.2021.36.e233>
77. Vuylsteke B., Cuypers L., Baele G., Stranger M., Paralovo S.L., Andre E., et coll. The role of airborne transmission in a large single source outbreak of SARS-CoV-2 in a Belgian nursing home in 2020. medRxiv 21267362 [prépublication]. 21 déc. 2021 [cité le 22 déc. 2021] Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.12.17.21267362v1>

78. Eichler N., Thornley C., Swadi T., Devine T., McElnay C., Sherwood J., et coll. Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 during border quarantine and air travel, New Zealand (Aotearoa). *Emerg Infect Dis.* 2021; vol. 27, n° 5, p. 1274-8. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2705.210514>
79. Groves L.M., Usagawa L., Elm J., Low E., Manuzak A., Quint J., et coll. Community transmission of SARS-CoV-2 at three fitness facilities — Hawaii, June–July 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2021; vol. 70, n° 9, p. 316-20. Disponible à : <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm7009e1>
80. Brlek A., Vidovič Š., Vuzem S., Turk K., Simonović Z. Possible indirect transmission of COVID-19 at a squash court, Slovenia, March 2020: case report. *Epidemiol Infect.* 19 juin 2020 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1017/s0950268820001326>
81. Vernez D., Schwarz S., Sauvain J.J., Petignat C., Suarez G. Probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated courtroom. *Indoor Air.* 2021; vol. 31, n° 6, p. 1776-85. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1111/ina.12866>
82. Gormley M., Aspray T.J., Kelly D.A. Aerosol and bioaerosol particle size and dynamics from defective sanitary plumbing systems. *Indoor Air.* 2021; vol. 31, n° 5, p. 1427-40. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1111/ina.12797>
83. Grinshpun S.A., Yermakov M. Technical note: impact of face covering on aerosol transport patterns during coughing and sneezing. *J Aerosol Sci.* 2021; vol. 158, 105847. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105847>
84. Liu F., Luo Z., Li Y., Zheng X., Zhang C., Qian H. Revisiting physical distancing threshold in indoor environment using infection-risk-based modeling. *Environ Int.* 2021; vol. 153, p. 106542. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2021.106542>
85. Yamakawa M., Kitagawa A., Ogura K., Chung Y.M., Kim M. Computational investigation of prolonged airborne dispersion of novel coronavirus-laden droplets. *J Aerosol Sci.* 2021; vol. 155, 105769. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105769>
86. Dabisch P., Schuit M., Herzog A., Beck K., Wood S., Krause M., et coll. The influence of temperature, humidity, and simulated sunlight on the infectivity of SARS-CoV-2 in aerosols. *Aerosol Sci Technol.* 2021; vol. 55, n° 2, p. 142-53. Disponible à : <https://doi.org/10.1080/02786826.2020.1829536>
87. Schuit M., Ratnesar-Shumate S., Yolitz J., Williams G., Weaver W., Green B., et coll. Airborne SARS-CoV-2 is rapidly inactivated by simulated sunlight. *J Infect Dis.* 2020; vol. 222, n° 4, p. 564-71. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa334>
88. Yu L., Peel G.K., Cheema F.H., Lawrence W.S., Bukreyeva N., Jinks C.W., et coll. Catching and killing of airborne SARS-CoV-2 to control spread of COVID-19 by a heated air disinfection system. *Mater Today Phys.* 2020; vol. 15, 100249. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.mtphys.2020.100249>
89. Delikhon M., Guzman M.I., Nabizadeh R., Norouzian Baghani A. Modes of transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) and factors influencing on the airborne transmission: a review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; vol. 18, n° 2, p. 395. Disponible à : <https://doi.org/10.3390/ijerph18020395>

90. Dinoi A., Feltracco M., Chirizzi D., Trabucco S., Conte M., Gregoris E, et coll. A review on measurements of SARS-CoV-2 genetic material in air in outdoor and indoor environments: implication for airborne transmission. *Sci Total Environ.* 23 oct. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC8539199/pdf/main.pdf>
91. Thornton G.M., Kroeker E., Fleck B.A., Zhong L., Hartling L. The impact of heating, ventilation and air conditioning (HVAC) design features on the transmission of viruses, including SARS-CoV-2: an overview of reviews. *medRxiv* 21263515 [prépublication]. 23 sept. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.09.22.21263515v1>
92. Chen P.Z., Bobrovitz N., Premji Z., Koopmans M., Fisman D.N., Gu F.X. Heterogeneity in transmissibility and shedding SARS-CoV-2 via droplets and aerosols. *Elife.* 2021; vol. 10, e65774. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC8139838/pdf/elife-65774.pdf>
93. Goodwin L., Hayward T., Krishan P., Nolan G., Nundy M., Ostrishko K., et coll. Which factors influence the extent of indoor transmission of SARS-CoV-2? A rapid evidence review. *J Glob Health.* 2021; vol. 11, 10002. Disponible à : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/pmc/articles/PMC8021073/pdf/jogh-11-10002.pdf>
94. Bertone M., Mikszewski A., Stabile L., Riccio G., Cortellessa G., d'Ambrosio F.R., et coll. Assessment of SARS-CoV-2 airborne infection transmission risk in public buses. *arxiv* 2111.03436 [prépublication]. 12 oct. 2021 [cité le 10 déc. 2021]. Disponible à : <https://arxiv.org/abs/2111.03436>
95. Biswas R., Pal A., Pal R., Sarkar S., Mukhopadhyay A. Risk assessment of COVID infection by respiratory droplets from cough for various ventilation scenarios inside an elevator: an OpenFOAM based CFD analysis. *arXiv:2109.12841* [prépublication]. 27 sept. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2109/2109.12841.pdf>
96. Schijven J., Vermeulen L.C., Swart A., Meijer A., Duizer E., de Roda Husman AM. Quantitative microbial risk assessment for airborne transmission of SARS-CoV-2 via breathing, speaking, singing, coughing, and sneezing. *Environ Health Perspect.* 1^{er} avril 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/doi:10.1289/EHP7886>
97. Aganovic A., Bi Y., Cao G., Drangsholt F., Kurnitski J., Wargocki P. Estimating the impact of indoor relative humidity on SARS-CoV-2 airborne transmission risk using a new modification of the Wells-Riley model. *Build Environ.* 2021; vol. 205, 108278. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108278>
98. Li X., Wang Q., Ding P., Cha Ye, Mao Y., Ding C., et coll. Risk factors and on-site simulation of environmental transmission of SARS-CoV-2 in the largest wholesale market of Beijing, China. *Sci Total Environ.* 2021; vol. 778, 146040. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146040>
99. Xu P., Jia W., Qian H., Xiao S., Miao T., Yen H.L., et coll. Lack of cross-transmission of SARS-CoV-2 between passenger's cabins on the Diamond Princess cruise ship. *Build Environ.* 2021; vol. 198, 107839. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107839>

100. Pokora R., Kutschbach S., Weigl M., Braun D., Epple A., Lorenz E., et coll. Investigation of superspreading COVID-19 outbreak events in meat and poultry processing plants in Germany: a cross-sectional study. *PLoS One*. 2021; vol. 16, n° 6, p. e0242456. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0242456>
101. Walshe N., Fennelly M., Hellebust S., Wenger J., Sodeau J., Prentice M., et coll. Assessment of environmental and occupational risk factors for the mitigation and containment of a COVID-19 outbreak in a meat processing plant. *Front Public Health*. 2021; vol. 9, 769238. Disponible à : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34778195/>
102. Wang J., Alipour M., Soligo G., Roccon A., De Paoli M., Picano F., et coll. Short-range exposure to airborne virus transmission and current guidelines. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2021; vol. 118, n° 37, p. e2105279118. Disponible à : <https://doi.org/10.1073/pnas.2105279118>
103. Arias F.J., De Las Heras S. The mechanical effect of moisturization on airborne COVID-19 transmission and its potential use as control technique. *Environ Res*. 2021; vol. 197, 110940. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110940>
104. Canpolat M., Bozkurt S., Şakalar C., Çoban A.Y., Karaçaylı D., Toker E. Thermal inactivation of aerosolized SARS-CoV-2. *Research Square* [prépublication]. 25 mai 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.researchsquare.com/article/rs-552445/v1>
105. Lieber C., Melekidis S., Koch R., Bauer H.J. Insights into the evaporation characteristics of saliva droplets and aerosols: levitation experiments and numerical modeling. *J Aerosol Sci*. 2021; vol. 154, 105760. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105760>
106. Schuit M., Biryukov J., Beck K., Yolitz J., Bohannon J., Weaver W., et coll. The stability of an isolate of the SARS-CoV-2 B.1.1.7 lineage in aerosols is similar to three earlier isolates. *J Infect Dis*. 2021; vol. 224, n° 10, p. 1641-8. Disponible à : <http://dx.doi.org/10.1093/infdis/jiab171>
107. Liu K., Allahyari M., Salinas J.S., Zgheib N., Balachandar S. Peering inside a cough or sneeze to explain enhanced airborne transmission under dry weather. *Sci Rep*. 2021; vol. 11, n° 1, p. 9826. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-89078-7>
108. Issakhov A., Zhandaulet Y., Omarova P., Alimbek A., Borsikbayeva A., Mustafayeva A. A numerical assessment of social distancing of preventing airborne transmission of COVID-19 during different breathing and coughing processes. *Sci Rep*. 2021; vol. 11, n° 1, p. 9412. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-88645-2>
109. Kolinski J.M., Schneider T.M. Superspreading events suggest aerosol transmission of SARS-CoV-2 by accumulation in enclosed spaces. *Phys Rev E*. 2021; vol. 103, n° 3, p. 033109. Disponible à : <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.103.033109>
110. Basu S. Computational characterization of inhaled droplet transport to the nasopharynx. *Sci Rep*. 2021; vol. 11, n° 1, 6652. Disponible à : <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85765-7>
111. . Dobramysl U, Sieben C, Holcman D. Mean time to infection by small diffusing droplets containing SARS-CoV-2 during close social contacts. *medRxiv* 21254802 [prépublication]. 7 avr. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://doi.org/10.1101/2021.04.01.21254802>

112. Rocha-Melogno L., Crank K., Bergin M.H., Gray G.C., Bibby K., Deshusses M.A. Quantitative risk assessment of COVID-19 aerosol transmission indoors: a mechanistic stochastic web application. *Environ Technol.* 2021, 1-12. Disponible à : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34726128/>
113. Tomshine J.R., Dennis K.D., Bruhnke R.E., Christensen J.H., Halvorsen T.G., Hogan C.J. Jr. Combined effects of masking and distance on aerosol exposure potential. *Mayo Clin Proc.* 2021; vol. 96, n° 7, p. 1792-800. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1016/j.mayocp.2021.05.007>
114. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Review of “The protective performance of reusable cloth face masks, disposable procedure masks, KN95 masks and N95 respirators: filtration and total inward leakage” [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l’Ontario; 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/research/2021/11/synopsis-duncan-plos-masks.pdf?sc_lang=en&hash=B2E697DD60CEF7A19502C5E0F49C15C3
115. Duncan S., Bodurtha P., Naqvi S. The protective performance of reusable cloth face masks, disposable procedure masks, KN95 masks and N95 respirators: filtration and total inward leakage. *PLoS One.* 2021; vol. 16, n° 10, e0258191. Disponible à : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258191>
116. Bagheri G., Thiede B., Hejazi B., Schlenczek O., Bodenschatz E. Face-masks save us from SARS-CoV-2 transmission. *arXiv:2106.00375* [prépublication]. 28 mai 2021 [cité le 22 déc.]. Disponible à : <https://arxiv.org/abs/2106.00375>
117. Madewell Z.J., Yang Y., Longini I.M. Jr, Halloran M.E., Dean N.E. Factors associated with household transmission of SARS-CoV-2: an updated systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2021; vol. 4, n° 8, e2122240. Disponible à : <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2783544>
118. Curmei M., Ilyas A., Evans O., Steinhart J. Constructing and adjusting estimates for household transmission of SARS-CoV-2 from prior studies, widespread-testing and contact-tracing data. *Int J Epidemiol.* 2021; vol. 50, n° 5, p. 1444-57. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/ije/dyab108>
119. Qiu X., Nergiz A.I., Maraolo A.E., Bogoch I.I., Low N., Cevik M. The role of asymptomatic and pre-symptomatic infection in SARS-CoV-2 transmission-a living systematic review. *Clin Microbiol Infect.* 2021; vol. 27, n° 4, p. 511-9. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.01.011>
120. Bulfone T.C., Malekinejad M., Rutherford G.W., Razani N. Outdoor transmission of SARS-CoV-2 and other respiratory viruses: a systematic review. *J Infect Dis.* 2021; vol. 223, n° 4, p. 550-61. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa742>
121. Thompson H.A., Mousa A., Dighe A., Fu H., Arnedo-Pena A., Barrett P., et coll. Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) setting-specific transmission rates: a systematic review and meta-analysis. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 73, n° 3, p. e754-64. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/cid/ciab100>
122. Fisher K.A., Tenforde M.W., Feldstein L.R., Lindsell C.J., Shapiro N.I., Files D.C., et coll. Community and close contact exposures associated with COVID-19 among symptomatic adults >18 years in 11 outpatient health care facilities - United States, July 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020; vol. 69, n° 36, p. 1258-64. Disponible à : <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6936a5>

123. Li Y., Liu J., Yang Z., Yu J., Xu C., Zhu A., et coll. Transmission of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 to close contacts, China, January-February 2020. *Emerg Infect Dis.* 2021; vol. 27, n° 9, p. 2288-93. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2709.202035>
124. Munch P.K., Espenhain L., Hansen C.H., Müller L., Krause T.G., Ethelberg S. Societal activities associated with SARS-CoV-2 infection - a case-control study in Denmark, November 2020. *Epidemiol Infect.* 17 nov. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1017/s0950268821002478>
125. Akaishi T., Kushimoto S., Katori Y., Kure S., Igarashi K., Takayama S., et coll. COVID-19 transmission in group living environments and households. *Sci Rep.* 2021; vol. 11, n° 1, p. 11616. Disponible à : <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91220-4>
126. Telle K., Jørgensen S.B., Hart R., Greve-Isdahl M., Kacelnik O. Secondary attack rates of COVID-19 in Norwegian families: a nation-wide register-based study. *Eur J Epidemiol.* 2021; vol. 36, n° 7, p. 741-8. Disponible à : <https://doi.org/10.1007/s10654-021-00760-6>
127. Ge Y., Martinez L., Sun S., Chen Z., Zhang F., Li F., et coll. COVID-19 transmission dynamics among close contacts of index patients with COVID-19: a population-based cohort study in Zhejiang Province, China. *JAMA Intern Med.* 2021; vol. 181, n° 10, p. 1343-50. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2021.4686>
128. Krieg S.J., Schnur J.J., Miranda M.L., Pfrender M.E., Chwla N.V. Symptomatic, presymptomatic, and asymptomatic transmission of SARS-CoV-2. medRxiv 21259871 [prépublication]. 8 juil. 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.07.08.21259871v1.full.pdf>
129. Wu P., Liu F., Chang Z., Lin Y., Ren M., Zheng C., et coll. Assessing asymptomatic, presymptomatic, and symptomatic transmission risk of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. *Clin Infect Dis.* 2021; vol. 73, n° 6, p. e1314-20. Disponible à : <https://dx.doi.org/10.1093%2Fcid%2Fciab271>
130. Ribaric N.L., Vincent C., Jonitz G., Hellinger A., Ribaric G. Hidden hazards of SARS-CoV-2 transmission in hospitals: a systematic review. *Indoor Air.* 4 déc. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/ina.12968>
131. Cherrie J.W., Cherrie M.P.C., Smith A., Holmes D., Semple S., Steinle S., et coll. Contamination of air and surfaces in workplaces with SARS-CoV-2 virus: a systematic review. *Ann Work Expo Health.* 2021; vol. 65, n° 8, p. 879-92. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/annweh/wxab026>
132. Aghalari Z., Dahms H.U., Sosa-Hernandez J.E., Oyervides-Muñoz M.A., Parra-Saldívar R. Evaluation of SARS-COV-2 transmission through indoor air in hospitals and prevention methods: a systematic review. *Environ Res.* 2021; vol. 195, 110841. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110841>
133. Birgand G., Peiffer-Smadja N., Fournier S., Kerneis S., Lescure F.X., Lucet J.C. Assessment of air contamination by SARS-CoV-2 in hospital settings. *JAMA Netw Open.* 2020; vol. 3, n° 12, e2033232. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.33232>
134. Kotwa J.D., Jamal A.J., Mbareche H., Yip L., Afanas P., Barati S, et coll. Surface and air contamination with SARS-CoV-2 from hospitalized COVID-19 patients in Toronto, Canada. medRxiv 21257122 [prépublication]. 19 juin 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.05.17.21257122v2>

135. Lednicky J.A., Lauzardo M., Fan Z.H., Jutla A., Tilly T.B., Gangwar M., et coll. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *Int J Infect Dis.* 2020; vol. 100, n° 11, p. 476-82. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.09.025>
136. Guo Z.D., Wang Z.Y., Zhang S.F., Li X., Li L., Li C., et coll. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2020; vol. 26, n° 7, p. 1583-91. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid2607.200885>
137. Styczynski A., Hemlock C., Hoque K.I., Verma R., LeBoa C. Bhuiyan O.F., et coll. Ventilation and detection of airborne SARS-CoV-2: elucidating high-risk spaces in naturally ventilated healthcare settings. *medRxiv* 21258984 [prépublication]. 2 juil. 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.06.30.21258984v1.full.pdf>
138. Horve P.F., Dietz L.G., Fretz M., Constant D.A., Wilkes A., Townes J.M., et coll. Identification of SARS-CoV-2 RNA in healthcare heating, ventilation, and air conditioning units. *Indoor Air.* 2021; vol. 31, n° 6, p. 1826-32. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/ina.12898>
139. Cordery R., Reeves L., Zhou J., Rowan A., Watber P., Rosadas C., et coll. Transmission of SARS-CoV-2 by children in schools and households: a prospective cohort and environmental sampling study in London. *medRxiv* 21252839 [prépublication]. 4 sept. 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.03.08.21252839v2.full.pdf>
140. Kim U.J., Lee S.Y., Lee J.Y., Lee A., Kim S.E., Choi O.-J., et coll. Air and environmental contamination caused by COVID-19 patients: a multi-center study. *J Korean Med Sci.* 2020; vol. 35, n° 37, p. e332. Disponible à : <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e332>
141. Nannu Shankar S., Witanachchi C.T., Morea A.F., Lednicky J.A., Loeb J.C., Alam M.M., et coll. SARS-CoV-2 in residential rooms of two self-isolating persons with COVID-19. *J Aerosol Sci.* 2022; vol. 159, 105870. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2021.105870>
142. Lednicky J.A., Lauzardo M., Alam M.M., Elbadry M.A., Stephenson C.J., Gibson J.C., et coll. Isolation of SARS-CoV-2 from the air in a car driven by a COVID patient with mild illness. *Int J Infect Dis.* 2021; vol. 108, p. 212-6. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.04.063>
143. Adenaiye O.O., Lai J., de Mesquita P.J.B., Hong F., Youssefi S., German J., et coll. Infectious SARS-CoV-2 in exhaled aerosols and efficacy of masks during early mild infection. *Clin Infect Dis.* 14 sept. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/cid/ciab797>
144. Santarpia J.L., Herrera V.L., Rivera D.N., Ratnesar-Shumate S., Reid S.P., Ackerman D.N., et coll. The size and culturability of patient-generated SARS-CoV-2 aerosol. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 18 août 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00376-8>
145. Baboli Z., Neisi N., Babaei A.A., Ahmadi M., Sorooshian A., Birgani Y.T., et coll. On the airborne transmission of SARS-CoV-2 and relationship with indoor conditions at a hospital. *Atmos Environ* (1994). 2021; vol. 261, 118563. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118563>
146. Oksanen L.-M., Virtanen J., Sanmark E., Rantann N., Venkat V., Sofieve S., et coll. SARS-CoV-2 air and surface contamination on a COVID19 ward and at home. *Res Sq* [prépublication]. 2 nov. 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : <https://assets.researchsquare.com/files/rs-1002547/v1/672ca258-ced4-4d62-9d3a-fd65e16dee10.pdf?c=1635874225>

147. Lei H., Ye F., Liu X., Huang Z., Ling S., Jiang Z., et coll. SARS-CoV-2 environmental contamination associated with persistently infected COVID-19 patients. *Influenza Other Respir Viruses*. 2020; vol. 14, n° 6, p. 68-99. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/irv.12783>
148. Mallach G., Kasloff S.B., Kovesi T., Kumar A., Kulka R., Krishnan J., et coll. Aerosol SARS-CoV-2 in hospitals and long-term care homes during the COVID-19 pandemic. *PLoS One*. 2021; vol. 16, n° 9, e0258151. Disponible à : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258151>
149. Coleman K.K., Tay D.J.W., Sen Tan K., Ong S.W.X., Son T.T., Koh M.H., et coll. Viral Load of SARS-CoV-2 in respiratory aerosols emitted by COVID-19 patients while breathing, talking, and singing. *Clin Infect Dis*. 2021:ciab691. Disponible à : <https://doi.org/10.1093/cid/ciab691>
150. Li Y.H., Fan Y.Z., Jiang L., Wang H.B. Aerosol and environmental surface monitoring for SARS-CoV-2 RNA in a designated hospital for severe COVID-19 patients. *Epidemiol Infect*. 2020; vol. 148, e154. Disponible à : <https://doi.org/10.1017/s0950268820001570>
151. Barbieri P., Zupin L., Lichen S., Torboli V., Semeraro S., Cozzutto S., et coll. Molecular detection of SARS-CoV-2 from indoor air samples in environmental monitoring needs adequate temporal coverage and infectivity assessment. *Environ Res*. 2021; vol. 198, 111200. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111200>
152. Conte M., Feltracco M., Chirizzi D., Trabucco S., Dinoi A., Gregoris E., et coll. Airborne concentrations of SARS-CoV-2 in indoor community environments in Italy. *Environ Sci Pollut Res Int*. 1^{er} oct. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16737-7>
153. Stern R.A., Koutrakis P., Martins M.A.G., Lemos B., Dowd S.E., Sunderland E.M., et coll. Characterization of hospital airborne SARS-CoV-2. *Respir Res*. 2021; vol. 22, n° 1, p. 73. Disponible à : <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01637-8>
154. Lin Y.-C., Malott R.J., Ward L., Kiplagat L., Pabbaraju K., Gill K., et coll. Detection and quantification of infectious Severe Acute Respiratory Coronavirus-2 in diverse clinical and environmental samples from infected patients: evidence to support respiratory droplet, and direct and indirect contact as significant modes of transmission. medRxiv 21259744 [prépublication]. 10 juil. 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : <https://doi.org/10.1101/2021.07.08.21259744>
155. Williams C.M., Pan D., Decker J., Wisniewska A., Fletcher E., Sze S., et coll. Exhaled SARS-CoV-2 quantified by face-mask sampling in hospitalised patients with COVID-19. *J Infect*. 2021; vol. 82, n° 6, p. 253-9. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2021.03.018>
156. Sriraman K., Shaikh A., Parikh S., Udupa S., Chatterjee N., Shastri J., et coll. Non-invasive adapted N-95 mask sampling captures variation in viral particles expelled by COVID-19 patients: implications in understanding SARS-CoV2 transmission. *PLoS One*. 2021; vol. 16, n° 4, e0249525. Disponible à : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249525>
157. Ang A.X., Luhung I., Ahidjo B.A., Drautz-Moses D.I., Tambyah P.A., Mok C.K., et coll. Airborne SARS-CoV-2 surveillance in hospital environment using high-flowrate air samplers and its comparison to surface sampling. *Indoor Air*. 14 sept. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1111/ina.12930>

158. Hirose R., Itoh Y., Ikegaya H., Miyazaki H., Watanabe N., Yoshida T., et coll. Differences in environmental stability among SARS-CoV-2 variants of concern: Omicron has higher stability. *bioRxiv* 476607 [prépublication]. 19 janv. 2022 [cité le 21 janv. 2022]. Disponible à : <https://doi.org/10.1101/2022.01.18.476607>
159. Allen H., Vusirikala A., Flannagan J., Twohig K.A., Zaidi A., Chudasama D., et coll. Household transmission of COVID-19 cases associated with SARS-CoV-2 delta variant (B.1.617.2): national case-control study. *Lancet Reg Health Eur*. 2021; vol. 12, 100252 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100252>
160. Mikszewski A., Stabile L., Buonanno G., Morawska L. Increased close proximity airborne transmission of the SARS-CoV-2 Delta variant. *Sci Total Environ*. 6 nov. 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151499>
161. Lyngse F.P., Mortensen L.H., Denwood M.J., Christiansen L.E., Møller C.H., Skov R.L., et coll. SARS-CoV-2 Omicron VOC transmission in Danish households. *medRxiv* 21268278 [prépublication]. 27 déc. 2021 [cité le 7 janv. 2022]. Disponible à : <https://doi.org/10.1101/2021.12.27.21268278>
162. UK Health Security Agency. SARS-CoV-2 variants of concern and variants under investigation in England technical briefing 31 [Internet]. Londres : droit d'auteur de la Couronne; 2021 [cité le 23 déc. 2021]. Disponible à : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1040076/Technical_Briefing_31.pdf
163. Pourfattah F., Wang L.P., Deng W., Ma Y.F., Hu L., Yang B. Challenges in simulating and modeling the airborne virus transmission: a state-of-the-art review. *Phys Fluids* (1994). 2021; vol. 33, n° 10, p. 101302. Disponible à : <https://doi.org/10.1063/5.0061469>
164. Zupin L., Licen S., Milani M., Clemente L., Martello L., Semeraro S., et coll. Evaluation of residual infectivity after SARS-CoV-2 aerosol transmission in a controlled laboratory setting. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; vol. 18, n° 21, p. 11172. Disponible à : <https://doi.org/10.3390/ijerph182111172>
165. Robotto A., Quaglino P., Lembo D., Morello M., Brizio E., Bardi L., et coll. SARS-CoV-2 and indoor/outdoor air samples: a methodological approach to have consistent and comparable results. *Environ Res*. 2021; vol. 195, 110847. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110847>
166. Cowling B.J., Ip D.K.M., Fang V.J., Suntarattiwong P., Olsen S.J., Levy J., et coll. Aerosol transmission is an important mode of influenza A virus spread. *Nat Commun*. 2013; vol. 4, n° 1, p. 1935. Disponible à : <https://doi.org/10.1038/ncomms2922>
167. Tellier R. Review of aerosol transmission of influenza A virus. *Emerg Infect Dis*. 2006; vol. 12, n° 11, p. 1657-62. Disponible à : <https://doi.org/10.3201/eid1211.060426>
168. Cheng Y., Ma N., Witt C., Rapp S., Wild P.S., Andreae M.O., Pöschl U., Su H. Face masks effectively limit the probability of SARS-CoV-2 transmission. *Science*. 20 mai 2021 [diffusion en ligne avant l'impression]. Disponible à : <https://doi.org/10.1126/science.abg6296>

169. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Ce que nous savons jusqu'à présent sur... le variant préoccupant de la COVID-19 [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwksf/2020/12/what-we-know-uk-variant.pdf?la=fr>
170. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Ce que nous savons jusqu'à présent sur... le variant préoccupant de la COVID-19 B.1.351 (501Y.V2) [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwksf/2021/02/wwksf-covid-19-b1351501yv2-variant-of-concern.pdf?la=fr>
171. Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Le variant préoccupant P1 de la COVID-19 – Ce que nous savons jusqu'à présent [Internet]. Toronto, Ont. : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2021 [cité le 22 déc. 2021]. Disponible à : <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwksf/2021/02/wwksf-covid-19-p1-variant-of-concern.pdf?la=fr>
172. Leung N.H.L. Transmissibility and transmission of respiratory viruses. *Nat Rev Microbiol.* 2021; vol. 19, n° 8, p. 528-45. Disponible à : <https://www.nature.com/articles/s41579-021-00535-6>
173. Tang J.W., Bahnfleth W.P., Bluysen P.M., Buonanno G., Jimenez J.L., Kurnitski J., et coll. Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2). *J Hosp Infect.* 2021; vol. 110, n° 4, p. 89-96. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.12.022>
174. Greenhalgh T., Jimenez J.L., Prather K.A., Tufekci Z., Fisman D., Schooley R. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. *Lancet.* 2021; vol. 397, n° 10285, p. 1603-5. Disponible à : [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(21\)00869-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(21)00869-2)
175. Wang C.C., Prather K.A., Sznitman J., Jimenez J.L., Lakdawala S.S., Tufekci Z., et coll. Airborne transmission of respiratory viruses. *Science.* 2021; vol. 373, n° 6558, eabd9149. Disponible à : <https://doi.org/10.1126/science.abd9149>
176. Tenforde M.W., Fisher K.A., Patel M.M. Identifying COVID-19 risk through observational studies to inform control measures. *JAMA.* 2021; vol. 325, n° 14, p. 1464-5. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jama.2021.1995>
177. Chen W., Qian H., Zhang N., Liu F., Liu L., Li Y. Extended short-range airborne transmission of respiratory infections. *J Hazard Mater.* 2022; vol. 422, 126837. Disponible à : <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126837>
178. Jones T.C., Biele G., Mühlemann B., Veith T., Schneider J., Beheim-Schwarzbach J, et coll. Estimating infectiousness throughout SARS-CoV-2 infection course. *Science.* 2021; vol. 373, n° 6551, eabi5273. Disponible à : <https://doi.org/10.1126/science.abi5273>
179. Cheng H.Y., Jian S.W., Liu D.P., Ng T.C., Huang W.T., Lin H.H.. 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; vol. 180, n° 9, p. 1156-63. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2020.2020>

180. Johansson M.A., Quandelacy T.M., Kada S., Prasad P.V., Steele M., Brooks J.T., et coll. SARS-CoV-2 transmission from people without COVID-19 symptoms. JAMA Netw Open. 2021; vol. 4, n° 1, p. e2035057. Disponible à : <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.35057>
181. Sun K., Wang W., Gao L., Wang Y., Luo K., Ren L., et coll. Transmission heterogeneities, kinetics, and controllability of SARS-CoV-2. Science (New York, NY). 2021; vol. 371, n° 6526. Disponible à : <https://doi.org/10.1126/science.abe2424>
182. Subramanian R., He Q., Pascual M. Quantifying asymptomatic infection and transmission of COVID-19 in New York City using observed cases, serology, and testing capacity. Proc Natl Acad Sci U S A. 2021; vol. 118, n° 9, e2019716118. Disponible à : <https://doi.org/10.1073/pnas.2019716118>

Modèle proposé pour citer le document

Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Transmission de la COVID-19 par les particules respiratoires sur de courtes et de longues distances. Toronto, Ont. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario; 2022.

Avis de non-responsabilité

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

Santé publique Ontario

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

Pour en savoir plus sur SPO, veuillez consulter santepubliqueontario.ca.

©Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2022

Ontario 