

Informations techniques sur l'échantillonnage de l'air en milieu scolaire et communautaire pour étudier la transmission de SRAS-CoV-2

Dans le contexte de l'urgence sanitaire liée à la maladie à coronavirus (COVID-19) au Québec, le Réseau Québécois COVID-Pandémie (RQCP) a mis sur pied un collège de chercheurs et cliniciens experts chargés d'effectuer une veille scientifique continue visant à surveiller les derniers développements en recherche fondamentale sur le virus SRAS-CoV-2 et ses conséquences biologiques. L'objectif est de présenter une synthèse cohérente des connaissances scientifiques les plus à jour sur des questions spécifiques relatives au SRAS-CoV-2/COVID-19 qui sont discutées dans la communauté scientifique afin d'informer les décideurs publics et la population. Les notes sont rédigées à partir d'une analyse de données probantes les plus récentes disponibles dans les articles académiques sélectionnés par des membres du collège d'experts.

La présente note d'information a pour objectif d'informer sur les méthodes utilisées pour l'échantillonnage de l'air en milieu scolaire et communautaire pour analyser la présence du SRAS-CoV-2 dans l'air ambiant.

La transmission du virus SARS-CoV-2 se fait surtout par contact rapprochés et prolongés, à moins de 2 mètres de distance entre les personnes ([Centers for Disease Control and Prevention](#); [Organisation Mondiale de la Santé](#)). Il est possible de détecter l'ARN du virus dans des échantillons d'air prélevés à différentes distances d'un patient malade de la COVID-19 suggérant que le virus peut être transporté par aérosols et contaminer l'environnement du malade ([Dumont-Leblond et al., Emerg Microbes Infect. 2020](#)). Cependant, la capacité du virus dans l'air à infecter un autre individu et le risque dans diverses situations sont difficiles à évaluer. Les démonstrations répertoriées sont peu nombreuses ([Santarpia et al., preprint 2020](#)), mais des rapports épidémiologiques recensent cependant de potentiels événements de transmission du SRAS-CoV-2 par voie aérienne ([Morawska et al., Environ Int. 2020](#); [Los Angeles Times](#); [Lu et al., Emerg Infect Dis. 2020](#); [Shen et al., JAMA Intern Med. 2020](#); [Azimi et al., preprint 2020](#)). Le 9 décembre 2020, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a publié un rapport intitulé [Transmission du SRAS-CoV-2: constats et proposition de terminologie](#) sur le rôle des aérosols dans la transmission du SRAS-CoV-2.

Les situations favorisant la transmission du SRAS-CoV-2 par l'air demeurent peu comprises en partie à cause de la diversité des protocoles d'échantillonnage et d'analyse de l'air utilisés ainsi que la disparité des environnements à l'étude qui rendent difficile l'obtention de réponses scientifiques claires sur le sujet.

L'objectif de cette note d'information est d'exposer les difficultés et les limitations des méthodes d'échantillonnage de l'air actuellement utilisées pour étudier les bioaérosols viraux. Elle identifiera également les paramètres à considérer afin d'optimiser les approches méthodologiques d'une analyse des bioaérosols viraux et de minimiser les biais d'interprétation.

Note d'information

27 janvier 2021

Difficultés et limitations des études de bioaérosols viraux

Les méthodes d'échantillonnage de l'air pour étudier les particules d'origine biologique en suspension dans l'air sont, pour la plupart, basées sur les principes de captation et de concentration des particules aérosols sur une matrice solide ou liquide. Elles ne s'appliquent cependant pas toutes, ou du moins pas avec la même efficacité, lorsque l'on veut recueillir et détecter des virus comme le SRAS-CoV-2 dans l'air ([Verreault et al., Microbiol Mol Biol Rev. 2008](#); [Rahmani et al., Sci Total Environ. 2020](#)). De plus, toutes ces méthodes d'échantillonnage de l'air peuvent endommager les microorganismes récupérés, et réduire leur viabilité et/ou leur pouvoir infectieux. L'interprétation des résultats doit tenir compte de ce facteur de sous-estimation de la viabilité du virus.

L'échantillonnage de l'air implique plusieurs limitations et difficultés techniques. Une analyse des paramètres environnementaux propres à chaque situation doit être effectuée (ex. : ventilation, taille de la pièce, la présence ou non d'une source potentielle d'émission d'aérosols, etc.) de manière à choisir judicieusement la méthode à employer.

Voici quelques points à considérer lors du déploiement d'échantillonneurs d'air pour quantifier le SRAS-CoV-2 aéroporté dans un environnement donné.

Le type d'échantillonneur :

Un vaste éventail d'échantillonneurs adaptés à différentes situations, sont disponibles. Pour l'échantillonnage du SRAS-CoV-2, la tendance est à l'utilisation de capteur avec filtre, bien qu'elle pourrait rapidement faire volte-face vers des échantillonneurs utilisant des principes de condensation qui semblent moins affecter la viabilité du virus récolté.

Le temps d'échantillonnage :

Le temps d'échantillonnage représente la période pendant laquelle l'échantillonneur sera en fonction. Dans le cas de la COVID-19, les taux d'émission de particules aérosol virales par une personne infectée, les comportements ou symptômes générant les aérosols, la taille des particules virales en suspension et leur distribution spatio-temporelle dans l'environnement ne sont pas connus. Devant ces inconnues et l'impossibilité de cibler les situations les plus susceptibles de générer des aérosols viraux, l'échantillonnage réalisé sur une plus longue période de temps pourra augmenter les chances de détection des particules virales en suspension dans l'air.

Débit :

Le débit d'air représente la quantité d'air échantillonnée pour un temps donné, il est habituellement mesuré en litres d'air par minute. Un débit élevé se traduit en une plus grande quantité d'air échantillonnée, mais également en une augmentation potentielle des dommages causés au virus prélevés. Par exemple, les particules virales collectées sur un filtre seront davantage asséchées par le courant plus important d'air traversant le filtre à haut débit.

Note d'information

27 janvier 2021

De par sa nature (virus à ARN enveloppé), le SRAS-CoV-2 est relativement fragile et les débits élevés d'échantillonnage (300 L/min) pourraient endommager le virus, bien que ceci soit encore peu documenté. Même si une étude a détecté le SRAS-CoV-2 dans l'air ambiant avec échantillonneurs à haut débit, les débits d'échantillonnage plus faibles pourraient être à privilégier ([Dumont-Leblond et al., Emerg Infect Dis. 2020](#)).

Ventilation :

Une des difficultés majeures rencontrées lors de l'interprétation des concentrations virales retrouvées dans l'environnement est qu'elles sont intimement reliées à la ventilation. En effet, celle-ci peut retirer les particules de l'environnement (extraction) ou en faire la dilution par l'apport d'air neuf.

Lorsque l'on veut mesurer le niveau d'exposition des travailleurs dans un environnement donné, aucune correction de l'effet de la ventilation sur les concentrations de virus retrouvées dans l'air ne doit être appliquée, car les concentrations virales mesurées rendent effectivement compte du niveau de contamination de l'air ambiant dans l'environnement des travailleurs. Par contre, si l'objectif est de déterminer les taux d'émission de particules virales par un patient infecté, il est important de tenir compte de la ventilation du lieu, de manière à corriger les effets d'extraction et/ou de dilutions des flux d'air sur les concentrations virales mesurées dans l'environnement du patient.

La position du dispositif d'échantillonnage :

La position des capteurs d'air demeure un facteur déterminant dans l'interprétation des résultats. En effet, en fonction de la distance de ceux-ci par rapport à une source de SRAS-CoV-2 et des courants de ventilation, on peut en déduire différents scénarios sur la taille des particules qui sont récupérées et sur leur importance dans les différentes routes de transmission de la maladie. À noter que les capteurs devraient être positionnés à distance des bouches de ventilation afin de minimiser l'impact des flux d'air sur l'échantillonnage.

Méthode de détection/quantification :

Pour la détection du SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air, des techniques d'amplification en chaîne par polymérase (PCR) similaires à celles utilisées lors du diagnostic clinique sont le plus souvent appliquées. Différentes cibles sont utilisées dans la littérature et chaque approche PCR possède ses forces et limites (performance à la quantification, limite de détection, sensibilité). L'approche par PCR permet de détecter l'ARN viral et éventuellement de quantifier le virus, mais elle ne permet pas de mesurer son infectivité, c'est-à-dire le caractère infectieux des particules virales récoltées.

Infectivité :

L'infectivité d'un virus est directement associée à sa capacité d'infection d'un individu. Ce paramètre est évalué de manière expérimentale en laboratoire en ajoutant l'échantillon à des

Note d'information

27 janvier 2021

cellules modèles et en quantifiant la multiplication du virus (TCID50 ou essais en plaque). Malheureusement, la sensibilité de cette méthode, i.e. sa capacité à identifier des virus infectieux présents, produit rarement un résultat positif en présence d'une faible quantité de virus, et demeure sous-optimale pour des échantillons d'air qui sont relativement peu concentrés. De plus, les stress induits par l'échantillonnage peuvent altérer la viabilité et l'infectivité du virus. Étant donné que la qualité de l'échantillon est déterminante dans l'obtention d'un résultat positif, l'évaluation de l'infectivité du virus récolté dans l'air est indissociable du choix du dispositif d'échantillonnage.

Jusqu'à présent, très peu de données montrent que le SRAS-CoV-2, récolté à partir de l'air, pouvait avoir un potentiel d'infectivité sur des cellules en culture ([Santarpia et al., preprint 2020](#)). Des méthodes alternatives plus sensibles sont actuellement en développement.

Discussion

En date d'aujourd'hui, plusieurs laboratoires ont détecté la présence d'ARN du SRAS-CoV-2 dans l'air ([Liu et al., Nature 2020](#); [Guo et al., Emerg Infect Dis. 2020](#); [Binder et al., J Infect Dis. 2020](#); [Dumont-Leblond et al., Emerg infect Dis. 2020](#)). Les approches méthodologiques utilisées pour échantillonner l'air sont diverses, et de grandes variations sont rapportées en termes de volume total d'air collecté (100 litres jusqu'à 10 000 litres), de débit d'échantillonnage (3,5 à 300 litres/min), de durée de l'échantillonnage (quelques minutes à plusieurs heures) et des dispositifs d'échantillonnage utilisés, ce qui rend la comparaison des études entre elles compliquée et permet difficilement de tirer des conclusions claires quant aux conditions expérimentales optimales. De plus, la plupart des études ne présentent pas d'information sur la ventilation des endroits échantillonnés, ni sur l'infectivité du virus récolté, forçant à la prudence relativement à l'interprétation des résultats.

En conclusion, le déploiement d'une stratégie d'échantillonnage de l'air ciblant le SARS-CoV-2 dans un milieu communautaire ou dans une salle de classe, n'est pas une approche prometteuse avec les moyens actuels. Les limites des méthodes disponibles et la faible concentration de virus dans l'air, comparativement à des échantillons nasopharyngés ou de salive, rendent sa détection difficile, particulièrement en l'absence d'une source connue dans l'environnement (ex : patient positif). Même en présence de patients symptomatiques en milieu de soins, le SRAS-CoV-2, sous forme d'aérosols, n'est pas systématiquement détecté. Cela s'explique, notamment, parce que les particules virales ne sont pas émises de façon prévisible par les personnes infectées, ce qui contribue à rendre leur récupération aléatoire.

La présence incertaine de cas positifs, la grandeur des locaux, l'émission imprévisible des particules virales dans l'environnement, le type de ventilation et les mouvements des individus et de l'air, rendent ce type d'étude de bioaérosols viraux très peu praticable dans ce contexte. Les recherches dans le domaine doivent se poursuivre pour permettre, dans le futur, une évaluation plus efficace et fiable des aérosols viraux dans nos environnements publics.

Note d'information

27 janvier 2021

De nouvelles technologies de surveillance plus sensibles sont actuellement en développement par des compagnies et méritent d'être étudiées sur le terrain. L'amélioration des stratégies d'échantillonnage, de quantification des ARN viraux et l'amélioration des méthodes d'évaluation de l'infectivité virale dans les échantillons environnementaux devraient être des priorités de recherche. Une meilleure compréhension de la dynamique des aérosols infectieux dans les espaces publics intérieurs est essentielle pour soutenir la prise de décision des autorités de santé publique dans la mise en œuvre de mesures de prévention adaptées dans un contexte de pandémie.

Notes :

Le lecteur est avisé que l'information fournie dans ce document reflète l'état des connaissances en date de son affichage. Des mises à jour seront publiées si la recherche dans le domaine spécifique de la note évolue.

Les notes d'information s'appuient sur les données probantes disponibles au moment de leur rédaction. Elles sont élaborées et approuvées par les membres experts du comité de veille scientifique du RQCP dont la composition est indiquée à la fin de ce document. L'application et l'utilisation du présent document relèvent de la responsabilité des utilisateurs. Le RQCP 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 du RQCP. Aucun changement ni aucune modification ne peuvent être apportés à ce document sans la permission écrite explicite du RQCP.

Membres du groupe d'experts qui ont contribué à l'élaboration et ont approuvé cette note d'information

Ali Bahloul, Ph.D., Chercheur, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail - Expertise: Ventilation et qualité de l'air

Caroline Duchaine, Ph.D., Professeur titulaire, Université Laval, Chercheure, Centre de recherche de l'Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec, Chaire de recherche du Canada sur les bioaérosols - Expertise: Bioaérosols

Nathalie Grandvaux, Ph.D., Co-directrice du RQCP ; Professeure titulaire, Département de biochimie et médecine moléculaire, Faculté de médecine, Université de Montréal ; Chercheure, Centre de Recherche du Centre Hospitalier de l'Université de Montréal (CRCHUM) - Expertise: Virologie, Immunologie

Alain Lamarre, Ph.D., Professeur titulaire, Institut national de la recherche scientifique (INRS), Centre Armand-Frappier Santé Biotechnologie, Chaire de recherche Jeanne et J.-Louis Lévesque en Immunovirologie - Expertise: Virologie, Immunologie

Estelle Schmitt, Ph.D., Professionnelle de recherche, RQCP

Cécile Tremblay, MD, FRCPC, Professeure, Titulaire de la Chaire de Recherche Pfizer/Université de Montréal en Recherche Translationnelle sur le VIH, Département de microbiologie, immunologie et infectiologie, Université de Montréal, Centre Hospitalier de l'Université de Montréal - Expertise: Virologie, Immunologie