



National Collaborating Centre
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale
en santé environnementale

Échantillonnage environnemental des surfaces et de l'air en contexte de pandémie de COVID-19

Préparé par :

Tina Chen

Questions centrales

Depuis l'apparition de la COVID-19, de nombreuses entreprises ont lancé des services d'échantillonnage environnemental visant à détecter la présence du virus SRAS-CoV-2 dans l'air et sur les surfaces de divers milieux. La demande spéciale examinée ici porte sur un scénario dans lequel on a détecté l'ARN du virus par l'échantillonnage des surfaces d'un bureau, mais qu'aucun cas de COVID-19 n'a été confirmé dans ce bureau ni dans l'immeuble. Par conséquent, les occupants se questionnent sur la validité et les conséquences du résultat de l'échantillonnage et sur la pertinence d'un déploiement à grande échelle de l'échantillonnage environnemental. La réponse à cette demande spéciale se fondera sur les questions suivantes :

1. Comment a-t-on prélevé et analysé les échantillons environnementaux de l'air et des surfaces?
2. Quelle est la valeur de l'échantillonnage environnemental en l'absence de cas de COVID-19 ainsi qu'en situation de flambée ou de grappe de cas?
3. Quels sont les principaux facteurs à prendre en compte dans l'interprétation des résultats de l'échantillonnage environnemental?

L'analyse dépassera le contexte des bureaux pour examiner brièvement l'applicabilité de l'échantillonnage environnemental aux usines de transformation des aliments et aux restaurants et bars.

Avertissement : L'information présentée ici vise à répondre à une question précise sur un problème de santé environnementale; il ne s'agit pas d'une revue exhaustive des données probantes. Elle ne remplace pas les directives ni les règlements fédéraux, provinciaux et locaux.

Méthodologie

Nous avons procédé à une recherche dans les bases de données EBSCOhost (y compris MEDLINE, CINAHL, Academic Search Complete, ERIC, etc.) et Google Scholar avec les mots-clés suivants : (*sample* OR *sampling* OR *collecting* OR *collect* OR *collection*); (*air* OR *surface*); (*indoor* OR *space*); (*detect* OR *evidence* OR *validate* OR *validation* OR *detection* OR *disinfect* OR *disinfection* OR *effective* OR *effectiveness*); (*coronavirus* OR *ncov* OR "novel cov" OR COVID-19 OR SARSCOV-2 OR Sars-Cov-19 OR SarsCov-19 OR SARSCOV2019 OR "severe acute respiratory syndrome cov 2" OR "2019 ncov" OR "2019ncov"); ("viral RNA" or "whole viable virus"); (*transmission* OR *transmit* OR *airborne* OR *travel*); (*aerosol* OR *aerosolization* OR *aerosolization* OR *droplet* OR *crowding* OR *ventilation* OR *expel*). Tous les articles sélectionnés avaient été publiés en anglais. Un examen du titre et de l'abrégé a été fait avant d'inclure les articles dans la revue.

Introduction

Le virus SRAS-CoV-2, qui cause la COVID-19, est un virus à ARN monocaténaire enveloppé. L'enveloppe virale est couverte de spicules, qui lui sont nécessaires pour pénétrer dans les cellules humaines et ainsi causer l'infection¹. C'est par les spicules que le virus se lie aux récepteurs à la surface de la cellule hôte, après quoi il se fusionne à la membrane et libère son génome dans la cellule¹.

Le SRAS-CoV-2 est un nouveau coronavirus. Ses caractéristiques – dose infectieuse, modes de transmission et persistance dans l'environnement, par exemple – sont encore mal connues. On sait qu'il se transmet principalement par les gouttelettes respiratoires et les aérosols contenant des particules virales viables, et que l'infection nécessite généralement un contact étroit et prolongé avec une personne infectée. Les aérosols sont produits lorsque la personne respire, parle, éternue et tousse.

L'ARN du virus a été détecté sur des surfaces dans des chambres d'hôpital, des locaux de quarantaine et d'autres installations communautaires, en présence comme en l'absence de cas, ce qui pourrait indiquer qu'une transmission par les surfaces est possible²⁻⁵. Les surfaces sont contaminées lorsque des gouttelettes respiratoires et des aérosols contenus dans l'air s'y déposent, ou lorsqu'une personne infectée les touche. Le contact avec une surface contaminée suivi du toucher d'une muqueuse comme les yeux, le nez ou la bouche pourrait causer l'infection. On ne sait pas encore quelle est la dose infectieuse nécessaire, ni si la gravité de la maladie est corrélée au nombre de particules virales. D'autres modes de transmission, comme le contact de particules fécales avec les voies respiratoires, sont encore à l'étude.

Jusqu'à présent, la plupart des études sur l'échantillonnage environnemental ont été menées dans des milieux de soins de santé et des lieux d'isolement et de quarantaine, dans le cadre de recherches seulement. L'objectif était de déterminer la persistance de la contamination de l'air et des surfaces par le SRAS-CoV-2⁶. Lorsqu'il y a une flambée ou une grappe de cas, le prélèvement d'échantillons

environnementaux dans l'air et sur les surfaces aide à évaluer l'étendue de la contamination et la contribution potentielle des surfaces et de l'air à la situation.

Présence et persistance dans l'environnement

Dans toutes les études, on trouve de l'ARN du SRAS-CoV-2 dans des échantillons environnementaux prélevés sur les surfaces de salles d'hôpital, de milieux de soins de santé et de lieux de quarantaine à domicile^{2-4,7}. Elles semblent toutefois moins unanimes quant à la présence d'ARN en aérosols dans les lieux de soins aux patients, probablement en raison de différences dans la conception des études, la circulation de l'air, la ventilation, l'occupation, les caractéristiques et les émissions des patients, les échantillonneurs et les protocoles utilisés^{5,8,9}. Dans certaines études, les chercheurs ont tenté d'isoler des particules virales viables dans les échantillons environnementaux d'air et de surfaces par culture cellulaire, mais leurs efforts ont soit échoué, soit abouti à des résultats peu concluants^{3,5,10}.

D'autres études ont été menées pour déterminer la persistance du SRAS-CoV-2 sur divers types de surfaces et dans les aérosols en conditions expérimentales. Elles ont montré que le virus demeure viable de trois heures à plus de sept jours sur les surfaces^{11,12}, et de trois à seize heures dans les aérosols^{13,14}. Cependant, ces études n'ont pas toutes utilisé les mêmes conditions environnementales (p. ex. température et humidité relative). Leur applicabilité au monde réel a également été critiquée, étant donné les concentrations et les volumes élevés de titre viral de départ sur les surfaces testées¹⁵. De plus amples recherches sont nécessaires pour évaluer l'influence des facteurs des environnements intérieurs et extérieurs sur la capacité de survie du SRAS-CoV-2.

Méthodes de prélèvement d'échantillons environnementaux dans l'air et sur les surfaces

Les protocoles d'échantillonnage varient selon l'objectif, le lieu et le moment ou l'intervalle du prélèvement, le type de surface, l'organisme ciblé et le type de méthode d'analyse^{6,16}. Pour qu'ils produisent des résultats fiables donnant lieu à une interprétation valable, leur conception et leur application ainsi que l'analyse doivent être faites par des techniciens formés et des laboratoires d'analyse accrédités. Il est aussi crucial de préserver le matériel génétique et de garder intacte la structure virale durant l'échantillonnage.

Surfaces environnementales

Pour les agents pathogènes viraux comme le SRAS-CoV-2, il est préférable d'utiliser une méthode basée sur l'ADN ou l'ARN, par exemple l'écouvillonnage, qui consiste à préserver l'échantillon dans une solution tampon puis à en extraire l'ADN ou l'ARN, qu'on soumet alors à une amplification en chaîne

par polymérase (PCR) pour détecter la présence d'ADN ou d'ARN viral¹⁷. L'écouvillonnage offre aussi l'avantage de s'appliquer facilement aux surfaces inégales, mais il est difficile d'établir un protocole normalisé à cause des différences dans les types d'écouvillons, les types de surface, la taille de la zone échantillonnée, ainsi que la pression, l'angle, le tracé et la direction de l'écouvillon sur la surface¹⁷.

Air

Les chercheurs ont utilisé diverses techniques pour prélever des échantillons d'air en vue d'y chercher des particules aériennes de SRAS-CoV-2, mais on n'a pas encore déterminé lesquelles étaient les plus efficaces^{16,18,19}. Dans une étude récemment publiée qui n'a pas encore été soumise à un comité de lecture, les chercheurs ont employé une nouvelle approche et réussi à isoler des particules de SRAS-CoV-2 viables dans des échantillons d'air prélevés en milieu hospitalier à des distances de 2 à 4,8 m de patients atteints de la COVID-19²⁰. Cela dit, il est difficile d'isoler des particules de SRAS-CoV-2 viables dans des cultures cellulaires obtenues à partir d'échantillons d'air en raison de la compétition d'autres microorganismes et des stress physiques subis par l'enveloppe du virus pendant l'échantillonnage²⁰.

Existe-t-il des normes d'échantillonnage pour le SRAS-CoV-2?

Surfaces environnementales

L'Agence canadienne d'inspection des aliments a établi des protocoles de prélèvement d'échantillons sur les [produits alimentaires et les surfaces environnementales](#) de l'industrie alimentaire²¹. L'Organisation mondiale de la Santé a produit un [protocole d'échantillonnage des surfaces](#) pour la détection du SRAS-CoV-2 dans les milieux de traitement ou d'isolement des patients atteints de la COVID-19⁶. Les CDC des États-Unis ont publié les [Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities](#) [directives de contrôle environnemental des infections en milieu de soins], qui décrivent différents protocoles d'échantillonnage des surfaces environnementales. Cependant, il n'existe pas de protocole visant spécifiquement le SRAS-CoV-2 à l'extérieur du secteur des soins de santé.

Air

Actuellement, on trouve peu de protocoles normalisés pour l'échantillonnage microbiologique de l'air, ce qui complique la recherche sur la transmission par voie aérogène des virus respiratoires comme le SRAS-CoV-2^{19,22}. Les [Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities](#) des CDC décrivent diverses méthodes d'échantillonnage de l'air ainsi que l'équipement requis et les facteurs à prendre en compte dans la planification de l'échantillonnage. Le [Manual of Analytical Methods \(NMAM\)](#) [manuel de méthodes analytiques] du National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) décrit également plusieurs méthodes de collecte de virus sous forme d'aérosols²³.

Comment les échantillons environnementaux du SRAS-CoV-2 sont-ils analysés?

ARN viral

Les échantillons devraient être traités et analysés seulement par des laboratoires accrédités. La norme d'accréditation des laboratoires d'étalonnages et d'essais se nomme ISO/IEC 17025^{24,25}. Il existe plusieurs méthodes d'analyse permettant de détecter la présence de l'ARN du SRAS-CoV-2 dans des échantillons environnementaux prélevés dans l'air et sur les surfaces. La plus fréquemment utilisée – aussi pour divers autres agents pathogènes – est le test d'amplification en chaîne par polymérase en temps réel couplée à une transcription inverse (RT-PCR)^{26,27}. Cette méthode aide à détecter la présence et la quantité approximative d'ARN viral dans un échantillon^{28,29}. Les autres méthodes utilisées sont le séquençage du génome complet, le séquençage ciblé par nanopores, les techniques de dosage immunologique basées sur les anticorps, l'utilisation de capteurs biomoléculaires à base de papier, et la technologie CRISPR-Cas (courtes répétitions palindromiques regroupées et régulièrement espacées)²⁷. L'Organisation mondiale de la Santé a publié une [liste des protocoles de RT-PCR](#) pouvant servir à détecter l'ARN du SRAS-CoV-2³⁰.

Virus viable complet

La présence de l'ARN du virus n'indique pas nécessairement qu'il y a possibilité de contagion. En effet, l'ARN peut persister en tant que résidu, avec ou sans enveloppe virale. Or, pour qu'il y ait infection d'une cellule humaine, le virus doit être viable et complet^{20,31}. Pour détecter la présence de tels virus dans un milieu, il faut mettre en culture les échantillons environnementaux dans des cellules vivantes^{31,32}. Les chercheurs ont d'abord réussi à isoler et à faire croître le SRAS-CoV-2 dans des cellules épithéliales de voies respiratoires humaines³³. Ils ont ensuite montré qu'il pouvait être cultivé dans des cellules Vero (un type de lignée cellulaire des reins du singe), des cellules Huh7 (un type de lignée cellulaire du foie humain) ainsi que d'autres lignées cellulaires artificielles³⁴.

Quels facteurs peuvent influencer sur la fiabilité et la validité de l'échantillonnage et de l'analyse?

De nombreux facteurs compliquent l'échantillonnage des surfaces et de l'air en vue d'y détecter le SRAS-CoV-2. La concentration de ce virus dans l'air d'un espace intérieur dépend de la ventilation, du taux d'occupation, de la quantité et des types d'activités, de la réalisation de procédures générant des aérosols et d'autres facteurs environnementaux. Les résultats de l'échantillonnage microbien de l'air peuvent aussi varier selon la circulation dans l'espace, l'humidité relative, la température et la présence d'autres particules ou microorganismes¹⁶. De plus, la taille des aérosols et la concentration de particules

virales viables dans chaque gouttelette d'aérosol influent sur la probabilité d'infection, ce qui peut compliquer davantage l'interprétation des résultats de l'échantillonnage de l'air¹⁶. Si des protocoles sont relativement bien établis pour l'échantillonnage des surfaces, il reste difficile d'échantillonner l'air aux fins du dépistage du SRAS-CoV-2, particulièrement si l'on cherche à détecter des particules virales viables. L'absence de technique adéquate, la sensibilité ou le seuil de détection des méthodes d'analyse et d'autres facteurs environnementaux et technologiques rendent aussi difficile d'isoler les particules virales viables dans les échantillons d'air.

La RT-PCR et la culture cellulaire des échantillons peuvent échouer en raison de divers facteurs, par exemple la compétition avec d'autres microorganismes, les stress subis pendant l'échantillonnage, la méthode d'échantillonnage et la préservation des échantillons²⁰. Le virus peut également être inactivé par des facteurs environnementaux tels que la température, le rayonnement ultraviolet et l'humidité²². Par conséquent, puisque des facteurs externes peuvent influencer sur la viabilité du SRAS-CoV-2 dans les échantillons d'air et de surfaces, une culture cellulaire donnant lieu à un résultat négatif n'indique pas nécessairement l'absence de particules virales infectieuses. Il faudra étudier davantage les méthodes de prélèvement d'échantillons dans l'air et sur les surfaces pour en confirmer l'efficacité à capturer le SRAS-CoV-2. Quoi qu'il en soit, même si on ne parvient pas à obtenir des cultures cellulaires viables à partir d'un échantillon d'air ou de surface, la présence d'ARN viral dans l'échantillon indique que le virus a déjà été présent à l'endroit échantillonné, sous forme viable ou inactivée.

Quelle est l'applicabilité de l'échantillonnage environnemental du SRAS-CoV-2?

L'échantillonnage environnemental est utile et efficace pour la recherche ou l'enquête épidémiologique sur une flambée ou une grappe de cas (maladie gastro-intestinale ou respiratoire). Cet outil peut également servir à confirmer la présence d'un agent biologique dangereux, à valider l'efficacité de mesures d'atténuation des dangers biologiques et à confirmer qu'une modification de l'équipement ou du protocole de prévention des infections produit bien les effets escomptés^{6, 16}. Cependant, dans le contexte de la pandémie de COVID-19, il est important de réfléchir aux autres options avant de mettre en place un protocole d'échantillonnage, qui pourrait accaparer du temps et des ressources financières affectables à des interventions et des mesures plus efficaces pour prévenir la transmission du SRAS-CoV-2. Il faut donc planifier les objectifs, les méthodes, la stratégie et les mesures de suivi avant sa réalisation. Dans les prochaines sections, il sera question de la valeur de l'échantillonnage environnemental dans différents milieux en contexte de pandémie de COVID-19.

Bureaux

En l'absence de cas confirmés de COVID-19, des mesures de maîtrise non pharmaceutiques comme le nettoyage et la désinfection accrus, la distanciation physique, les barrières physiques, le

réaménagement des bureaux, l'hygiène respiratoire et le port du masque sont recommandées³⁵. Aucune recommandation de surveillance et de validation nécessitant l'échantillonnage de l'air et des surfaces pour prévenir la transmission de COVID-19 n'a été recensée.

L'échantillonnage des surfaces et de l'air, permettant de déterminer le mode de transmission, l'étendue de l'exposition et de la contamination ainsi que les personnes exposées au plus grand risque d'infection, pourrait toutefois être la pierre angulaire d'une enquête épidémiologique sur une flambée ou une grappe de cas³⁶⁻³⁸. Ce procédé est d'autant plus important pour un nouveau virus encore très peu connu comme le SRAS-CoV-2. Comme chaque situation est unique, c'est à la direction régionale de la santé publique, avec des partenaires – professionnels de la santé au travail, épidémiologistes, praticiens en contrôle des infections – d'élaborer le cadre d'enquête sur les éclosions³⁷.

Usines de transformation des aliments

Dans les usines de transformation des aliments, l'échantillonnage environnemental des surfaces et des produits alimentaires pour détecter les agents pathogènes d'origine alimentaire est une mesure de contrôle de la salubrité des aliments bien implantée en raison de la complexité des opérations – réception, transformation, emballage, entreposage, etc. – de même que des risques de contamination croisée par l'équipement, les employés et les animaux nuisibles³⁹.

Bien qu'il n'existe actuellement aucune preuve avérée de transmission du SRAS-CoV-2 par des aliments ou des emballages alimentaires, la possibilité d'une flambée de COVID-19 dans une usine de transformation des aliments demeure une inquiétude partagée par les travailleurs et le public. Si une flambée ou une grappe de cas y était constatée, l'échantillonnage environnemental des surfaces et de l'air pour détecter le SRAS-CoV-2 serait essentielle pour déterminer le mode et la source de transmission, et les facteurs contributifs permettant de repérer les personnes exposées au plus grand risque d'infection³⁷. Les résultats aideraient également les praticiens et les exploitants à déterminer si le retour au travail des employés peut se faire en toute sécurité.

Restaurants ou bars locaux

Comme dans les bureaux, les mesures de maîtrise non pharmaceutiques sont recommandées en l'absence de cas de COVID-19 : nettoyage et désinfection accrue; distanciation physique; barrières physiques; augmentation de la ventilation; hygiène respiratoire; et port du masque.

L'échantillonnage des surfaces et de l'air peut servir à comprendre les modes et les sources de transmission possibles et l'étendue de la contamination lors d'une enquête sur une flambée de COVID-19. Dans le cas des flambées d'origine alimentaire pendant le service, ce procédé est également utilisé pour déterminer les aliments en cause du point de vue épidémiologique ainsi que les sources possibles de contamination croisée.

Résumé et conclusion

- Le manque de données probantes fiables sur les caractéristiques du SRAS-CoV-2 –dose infectieuse, modes de transmission ou capacité de survie sur différentes surfaces – complique l'interprétation des résultats d'échantillonnage environnemental des surfaces et de l'air.
- Bien que les méthodes analytiques comme la RT-PCR fournissent de l'information sur la présence et la quantité d'ARN de SRAS-CoV-2 dans les échantillons de surfaces et de l'air, il est nécessaire, pour évaluer la contagiosité du virus trouvé dans l'échantillon, de mettre en culture les échantillons environnementaux dans des cellules vivantes.
- L'échantillonnage environnemental peut accaparer des ressources affectables à des interventions plus utiles. Il faut donc comparer son efficacité à celle d'autres interventions avant d'y avoir recours.
- L'échantillonnage environnemental pourrait être plus utile pour certaines tâches précises : enquêtes épidémiologiques sur des flambées ou des grappes de cas, mesures de contrôle sanitaire dans les usines de transformation des aliments, validation de l'efficacité d'un nouveau protocole de nettoyage et de désinfection, protection des populations vulnérables (aînés dans les établissements de soins de longue durée) ou surveillance périodique de l'efficacité des mesures de maîtrise.
- Il est prudent de procéder à une évaluation des risques de l'établissement en question, de déterminer le potentiel d'atténuation des risques et de considérer les mesures de maîtrise les plus efficaces en fonction des coûts à mettre en place pour réduire le risque de transmission. L'Agence de la santé publique du Canada a élaboré un [Cadre pour l'évaluation et l'atténuation des risques dans les milieux communautaires pendant la pandémie de COVID-19](#), ainsi que des mesures applicables dans différents milieux³⁵. Le cadre de hiérarchie des mesures de prévention, présenté dans [La COVID-19 dans les espaces clos – Mesures de désinfection de l'air et des surfaces](#), un document que nous avons récemment publié, pourra aider les professionnels de santé publique à choisir les meilleures mesures de réduction des risques de transmission de COVID-19 dans leurs établissements⁴⁰.

L'échantillonnage environnemental ne devrait pas se substituer à un protocole efficace de nettoyage et de désinfection ou à d'autres mesures visant à réduire la transmission de COVID-19. Seuls les produits nettoyants et désinfectants approuvés devraient être utilisés. Il est possible que l'échantillonnage environnemental du SRAS-CoV-2 ne permette pas de conclure à la présence de virus infectieux; les mesures de santé publique non pharmaceutiques comme la distanciation physique, le port du masque, et les bonnes pratiques d'hygiène des mains et d'hygiène respiratoire demeurent donc de mise.

Remerciements

L'auteure souhaite remercier Lydia Ma (CCNSE) et Tom Kosatsky (Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique) pour la révision du présent document et leurs précieux commentaires, ainsi que Michele Wiens pour son aide avec le référencement.

Bibliographie

1. Shang J, Wan Y, Luo C, Ye G, Geng Q, Auerbach A, et al. Cell entry mechanisms of SARS-CoV-2. *Proc Nat Acad Sci USA*. 2020;117(21):11727–34. Available from: <https://www.pnas.org/content/117/21/11727>.
2. Aytoğan H, Ayintap E, Yılmaz NÖ. Detection of coronavirus disease 2019 viral material on environmental surfaces of an ophthalmology examination room. *JAMA Ophthalmol*. 2020; Available from: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2020.3154>.
3. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera VL, Morwitzer MJ, Creager HM, Santarpia GW, et al. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care. *Sci Rep*. 2020;10. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-69286-3>.
4. Wei L, Lin J, Duan X, Huang W, Lu X, Zhou J, et al. Asymptomatic COVID-19 patients can contaminate their surroundings: an environment sampling study. McMahon K, ed. *mSphere*. 2020 Jun 24;5(3):e00442-20. Available from: <http://msphere.asm.org/content/5/3/e00442-20.abstract>.
5. Zhou J, Otter JA, Price JR, Cimpeanu C, Garcia DM, Kinross J, et al. Investigating SARS-CoV-2 surface and air contamination in an acute healthcare setting during the peak of the COVID-19 pandemic in London. *Clin Infect Dis*. 2020 Jul; Available from: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa905>.
6. World Health Organization. Surface sampling of coronavirus disease (COVID-19): a practical “how to” protocol for health care and public health professionals. Geneva, Switzerland, WHO. 2020. Available from: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1269401/retrieve>.
7. Bloise I, Gómez-Arroyo B, García-Rodríguez J. Detection of SARS-CoV-2 on high-touch surfaces in a clinical microbiology laboratory. *J Hosp Infect*. 2020;105(4):784–6. Available from: <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.jhin.2020.05.017>.
8. Cheng VC-C, Wong S-C, Chan VW-M, So SY-C, Chen JH-K, Yip CC-Y, et al. Air and environmental sampling for SARS-CoV-2 around hospitalized patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2020;1–8. Available from: <https://dx.doi.org/10.1017%2Fice.2020.282>.
9. Chia PY, Coleman KK, Tan YK, Ong SWX, Gum M, Lau SK, et al. Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients. *Nature Commun*. 2020 May 29;11(1):2800. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16670-2>.
10. Colaneri M, Seminari E, Novati S, Bruno R, Mondelli MU. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 RNA contamination of inanimate surfaces and virus viability in a health care emergency unit. *Clin Microbiol Infect*. 2020 Aug 26(8). Available from: <https://dx.doi.org/10.1016%2Fj.cmi.2020.05.009>.
11. O’Keeffe J, Nicol AM, Freeman S. An Introduction to SARS-CoV-2. Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health. 2020 May; Available from: <https://nccch.ca/documents/evidence-review/introduction-sars-cov-2>.
12. National Collaborating Centre for Methods and Tools. Rapid Review: What is known about how long the virus can survive with potential for infection on surfaces?. Hamilton, ON: McMaster University. 2020 Jul. Available from: <https://www.nccmt.ca/uploads/media/media/0001/02/99b4f56becdeee0c75d93964e989288dfbc561ed.pdf>.
13. Fears AC, Klimstra WB, Duprex P, Hartman A, Weaver SC, Plante KS, et al. Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in aerosol suspensions. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(9). Available from: https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/9/20-1806_article.
14. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *New Eng J Med*. 2020;382:1564–7. Available from: <https://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMc2004973>

15. Goldman E. Exaggerated risk of transmission of COVID-19 by fomites. *Lancet Infect Dis.* 2020;20(8):892–3. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7333993/>
16. US Centers for Disease Control and Prevention. Background F. Environmental sampling. Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Atlanta, GA: CDC. 2003. Available from: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/background/sampling.html#f4>.
17. Rawlinson S, Ciric L, Cloutman-Green E. How to carry out microbiological sampling of healthcare environment surfaces? A review of current evidence. *J Hosp Infect.* 2019;103:363–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2019.07.015>.
18. Napoli C, Marcotrigiano V, Montagna MT. Air sampling procedures to evaluate microbial contamination: a comparison between active and passive methods in operating theatres. *BMC Public Health.* 2012;12. Available from: <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-594>.
19. Pan M, Lednicky JA, Wu C-Y. Collection, particle sizing and detection of airborne viruses. *J Appl Microbiol.* 2019;127(6):1596–1611. Available from: <https://doi.org/10.1111/jam.14278>.
20. Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, Jutla A, Tilly TB, Gangwar M, et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *Medrxiv Preprint.* 2020 Aug; Available from: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.08.03.20167395v1>.
21. Canadian Food Inspection Agency. Sampling procedures. Ottawa, ON: Government of Canada. 2019. Available from: <https://www.inspection.gc.ca/preventive-controls/sampling-procedures/eng/1518033335104/1528203403149>.
22. Coleman KK, Nguyen TT, Yadana S, Hansen-Estruch C, Lindsley WG, Gray GC. Bioaerosol sampling for respiratory viruses in Singapore's mass rapid transit network. *scientific reports.* 2018;8:17476. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-35896-1>.
23. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) 5th Ed. Atlanta, GA: US Centers for Disease Control and Prevention; 2020. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdf/NMAM_5thEd_EBook-508-final.pdf.
24. International Organization for Standardization. ISO/IEC 17025 Testing and calibration laboratories. n.d. Available from: <https://www.iso.org/ISO-IEC-17025-testing-and-calibration-laboratories.html>.
25. Zimmer J. Why accreditation is important for laboratories. Saskatoon, SK: Saskatchewan Research Council. 2016. Available from: <https://www.src.sk.ca/blog/why-accreditation-important-laboratories>.
26. Jawerth N. How is the COVID-19 virus detected using real time RT-PCR? Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency. 2020. Available from: <https://www.iaea.org/newscenter/news/how-is-the-covid-19-virus-detected-using-real-time-rt-pcr>.
27. Liu R, Fu A, Deng Z, Li Y, Liu T. Promising methods for detection of novel coronavirus SARS-CoV-2. *View.* 2020;1(1). Available from: <https://doi.org/10.1002/viw2.4>.
28. Corman V, Bleicker T, Brünink S, Drosten C, Landt O, Koopman M, et al. Diagnostic detection of Wuhan coronavirus 2019 by real-time RT-PCR. Berlin: Charité Virolog; 2020. Available from: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/wuhan-virus-assay-v1991527e5122341d99287a1b17c111902.pdf?sfvrsn=d381fc88_2.
29. ThermoFisher Scientific. What is qPCR? Ask a Scientist. 2020. Available from: <https://www.thermofisher.com/blog/ask-a-scientist/what-is-qpcr/>.
30. World Health Organization. Molecular assays to diagnose COVID-19: summary table of available protocols. Geneva, Switzerland: WHO. 2020. Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/molecular-assays-to-diagnose-covid-19-summary-table-of-available-protocols>.
31. Public Health Ontario. COVID-19 – What we know so far about...viral detection. Toronto, ON: Queen's Printer. 2020. Available from: <https://www.publichealthontario.ca/en/diseases-and-conditions/infectious-diseases/respiratory-diseases/novel-coronavirus/what-we-know>.
32. Rahmini AR, Leili M, Azarian G, Poormohammadi A. Sampling and detection of corona viruses in air: a mini review. *Sci Total Environ.* 2020;740. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140207>.
33. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med.* 2020 Feb 20;382(8):727–33. Available from: <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>.
34. Matsuyama S, Nao N, Shirato K, Kawase M, Saito S, Takayama I, et al. Enhanced isolation of SARS-CoV-2 by TMPRSS2-expressing cells. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2020 Mar 31;117(13):7001. Available from: <http://www.pnas.org/content/117/13/7001.abstract>.

35. Public Health Agency of Canada. Community-based measures to mitigate the spread of coronavirus disease (COVID-19) in Canada. Ottawa, ON: PHAC 2020 [cited 2020 Jun 2]. Available from: https://www.canada.ca/en/public-health/services/diseases/2019-novel-coronavirus-infection/health-professionals/public-health-measures-mitigate-covid-19.html#_Community_gathering_spaces.
36. Alberta Health Services. Guidelines for COVID-19 outbreak prevention, control and management in work camps and work sites. Edmonton, AB: AHS. 2020. Available from: <https://www.albertahealthservices.ca/assets/info/ppih/if-ppih-covid-19-guidelines-work-camps-and-work-sites.pdf>.
37. US Centers for Disease Control and Prevention. Investigating and responding to COVID-19 cases in non-healthcare work settings. Atlanta, GA: CDC. 2020. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/php/open-america/non-healthcare-work-settings.html>.
38. Wang L. Guidelines for epidemiological investigation of COVID-19. Chinese Center for Disease Control and Prevention Technical Guidance for Prevention and Control of COVID-19 Audio and Video Training Courseware; 2020. Available from: <http://www.chinacdc.cn/en/COVID19/202003/P020200323389850313310.pdf>.
39. Martinez G. Mitigate the risk: importance of environmental sampling in an environmental monitoring program. Food Safety Tech. 2016. Available from: https://foodsafetytech.com/feature_article/mitigate-risk-importance-environmental-sampling-environmental-monitoring-program/.
40. Chen T, O'Keeffe J. COVID-19 in indoor environments — air and surface disinfection measures. Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health; 2020. Available from: <https://nceh.ca/documents/guide/covid-19-indoor-environments-air-and-surface-disinfection-measures>.

ISBN : 978-1-988234-52-6

Pour soumettre des commentaires sur ce document, allez sur le site www.ccse.ca/fr/commentaires_du_document.

Pour citer ce document : Chen T. Échantillonnage environnemental des surfaces et de l'air en contexte de pandémie de COVID-19. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Novembre 2020.

Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement. La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale.



National Collaborating Centre
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale
en santé environnementale

© Centre de collaboration nationale en santé
environnementale, 2020.

655 W. 12th Av. Vancouver (C.-B.) V5Z 4R4
contact@ccse.ca | www.ccse.ca