



Aide multicritère à la décision pour l'évaluation du risque de transmission de la COVID-19 dans les lieux de rassemblement

Valerie Hongoh^{1*}, David Maybury², Jérôme Levesque², Aamir Fazil³, Ainsley Otten³, Patricia Turgeon¹, Lisa Waddell⁴, Nicholas H Ogden¹

Résumé

Contexte : La pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) s'est avérée un défi de santé publique sans précédent. Avant la vaccination, des interventions non pharmaceutiques, notamment des fermetures, ont été nécessaires pour aider à contrôler l'épidémie. Avec l'arrivée de variants préoccupants et une couverture vaccinale insuffisante de la population, l'évaluation continue du risque de transmission dans les milieux et le recours à des interventions non pharmaceutiques sont nécessaires pour aider à contrôler l'épidémie. Le but de cette étude était de produire un cadre pour évaluer le risque de transmission dans des milieux où les personnes se rassemblent et pour éclairer la prise de décision.

Méthodes : Un processus d'aide multicritère à la décision a été utilisé pour structurer le cadre. Quinze critères ont été jugés importants dans la prise en compte du risque de transmission de la COVID-19 selon la littérature. Cette liste de critères a été classée par des experts, puis catégorisée. L'analyse a été structurée en fonction de la liste consensuelle de critères et du positionnement relatif de chaque critère dans la liste pour produire des ensembles de facteurs à considérer lors de l'évaluation du risque de transmission lors de rassemblements.

Résultats : Quinze experts de tout le Canada ont participé au classement des critères. On a constaté un fort consensus sur l'importance relative des critères, et ce consensus relatif a été utilisé pour créer quatre catégories : critique (3 critères), important (6 critères), à considérer (5 critères) et si le temps le permet (1 critère).

Conclusion : La liste consensuelle et les catégories qui en résultent constituent un ensemble d'éléments importants qui peuvent être appliqués comme cadre objectif et transparent d'évaluation du risque de transmission associé à n'importe quel site d'événement. De pair avec un examen plus approfondi de l'épidémiologie locale de la COVID-19, une évaluation globale du risque de transmission peut être établie et appliquée uniformément.

Citation proposée : Hongoh V, Maybury D, Levesque J, Fazil, Otten A, Turgeon P, Waddell L, Ogden NH. Aide multicritère à la décision pour l'évaluation du risque de transmission de la COVID-19 dans les lieux de rassemblement. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2021;47(11):496–511.

<https://doi.org/10.14745/ccdr.v47i11a02f>

Mots-clés : SRAS-CoV-2, COVID-19, risque de transmission, rassemblements, évaluation systématique

Introduction

L'émergence du nouveau coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2) et de la maladie associée (maladie à coronavirus 2019 [COVID-19]) a été initialement observée dans une élosion à Wuhan, en Chine, à la fin de 2019, et a donné lieu à la pandémie que l'on connaît actuellement (1). Le virus a été détecté pour la première fois au Canada au début de 2020; on a dénombré 1 670 241 cas et 28 367 décès (en date

du 13 octobre 2021) (2). Le SRAS-CoV-2 est un virus respiratoire hautement transmissible qui peut provoquer un éventail de symptômes, allant de l'absence de symptômes à une maladie légère ou grave et même au décès (3). Cette situation a créé un défi sans précédent en matière de gestion des maladies pour la santé publique et de nombreuses mesures de santé publique ont été mises en œuvre, selon des degrés de rigueur variables,

Cette œuvre est mise à la disposition selon les termes de la licence internationale Creative Commons Attribution 4.0



Affiliations

¹ Division des sciences des risques pour la santé publique, Agence de la santé publique du Canada, Saint-Hyacinthe, QC

² Services publics et Approvisionnement Canada, Ottawa, ON

³ Division des sciences du risque en santé publique, Agence de la santé publique du Canada, Guelph, ON

⁴ Laboratoire national de microbiologie, Agence de la santé publique du Canada, Winnipeg, MB

***Correspondance :**
valerie.hongoh@phac-aspc.gc.ca



pour tenter de ralentir l'épidémie et de réduire son impact. Il s'agit notamment d'une plus grande distanciation physique entre les personnes et d'interventions non pharmaceutiques, comme la détection des cas et l'isolement des personnes atteintes, la recherche des contacts, la mise en quarantaine et le port du masque dans les endroits publics (4), afin de réduire les possibilités de transmission dans la communauté. Cependant, dans les cas où le taux de transmission était élevé, les gouvernements provinciaux et locaux ont imposé une série de mesures restrictives, notamment la fermeture des écoles, des universités et des entreprises non essentielles, l'interdiction ou la limitation des rassemblements, la limitation des déplacements à l'intérieur et entre les territoires et la promotion du télétravail, dans le but de limiter les possibilités de transmission. L'ensemble de ces actions a permis de réduire au minimum les contacts entre personnes au Canada et a permis de contrôler l'épidémie, l'incidence de cas déclarés ayant été faible durant l'été 2020. Cependant, la rentrée scolaire de l'automne 2020 et la réouverture des entreprises dans de nombreuses régions du Canada ont entraîné une résurgence de l'épidémie et une deuxième vague dont le nombre total de cas, d'hospitalisations et de décès a été plus élevé que celui de la vague du printemps (2). La capacité de contrôle de l'épidémie par le dépistage et la recherche de contacts uniquement étant dépassée, la remise en place de certains niveaux de restrictions a été jugée nécessaire pour aider à réduire les taux de contact entre les Canadiens, retrouver les niveaux précédents de contrôle de l'épidémie et limiter le risque de dépassement de la capacité dans les établissements de soins de santé. Les fermetures d'écoles et d'entreprises ont d'importantes répercussions sociales et économiques sur la société. Le défi auquel sont confrontés les décideurs consiste à trouver un compromis entre la prévention de la transmission de la COVID-19 et les effets négatifs potentiels des mesures restrictives sur la santé, la société et l'économie (5–12). Une évaluation complète comprenant les répercussions négatives des fermetures ne s'inscrit pas dans la portée de ce travail, car à l'heure actuelle, l'accent est mis sur l'évaluation du risque de transmission.

L'arrivée de doses de vaccin au Canada en décembre 2020 a suscité l'espoir d'un assouplissement des mesures restrictives. Cependant, l'émergence récente de nouveaux variants préoccupants, plus transmissibles et, dans certains cas, plus virulents, signifie qu'il fallait et qu'il faudra faire preuve de prudence lors de la levée des mesures restrictives et de la réouverture des entreprises et des lieux de rassemblement, en particulier jusqu'à ce qu'une couverture vaccinale et immunité naturelle suffisante de la population canadienne ait été atteinte. Même dans ce cas, la capacité d'éclairer les décisions sur les fermetures restrictives demeurera pertinente, étant donné la menace permanente de variants préoccupants qui échappent à nos défenses immunitaires et la baisse potentielle de l'immunité.

Ce projet a débuté à la fin de 2020, avant l'arrivée du vaccin au Canada, dans le but d'explorer les données disponibles sur la transmission de la COVID-19 dans différents milieux et de contribuer à éclairer la prise de décision concernant les fermetures. Les milieux sont censés englober de manière générale tous les lieux présentant un risque de transmission de la COVID-19 qu'un décideur peut souhaiter évaluer. Il s'agit notamment de la transmission lors de rassemblements dans des résidences privées, ainsi que de la transmission dans des lieux publics comme, notamment, les écoles, les épiceries, les magasins de détail, les concerts et les bars. La prise en compte explicite des populations à haut risque peut également être incluse dans l'évaluation. Si les éventuels effets domino des fermetures sont nombreux et font encore l'objet d'études, il demeure autrement important d'évaluer les caractéristiques d'un milieu contribuant au risque de transmission, même si la vaccination est en cours de déploiement, puisque la présence de variants préoccupants continue de représenter un risque de transmission important. L'objectif de ce projet était de produire un cadre permettant de classer les milieux en fonction du risque qu'ils présentent pour la transmission de la COVID-19, et de déterminer potentiellement les zones où des mesures d'atténuation peuvent être ciblées afin de faciliter la réduction du risque de transmission dans ces mêmes milieux et de soutenir la prise de décision.

Méthodes

L'aide multicritère à la décision fait partie d'une famille d'outils d'aide à la décision issus du domaine de la recherche opérationnelle et utilisés dans de nombreux secteurs pour évaluer systématiquement des options en fonction de plusieurs critères (13). Les approches axées sur l'aide multicritère à la décision aident à structurer la réflexion autour d'un problème décisionnel en permettant l'intégration de plusieurs types d'évaluations et la mise en évidence des forces et faiblesses des options évaluées. Les processus d'aide multicritère à la décision participatifs consistent généralement en une phase de structuration du problème en plusieurs étapes, au cours de laquelle le problème est défini, les parties prenantes sont identifiées, les critères établis et pondérés, et les éléments à classer définis et évalués en fonction des critères. Suit une phase d'analyse décisionnelle au cours de laquelle l'analyse multicritères est effectuée, de même qu'une analyse de sensibilité et une interprétation des résultats (tableau 1). Dans cet article, une version « allégée et brève » d'un processus d'aide multicritère à la décision participatif a été utilisée pour structurer un cadre d'évaluation des milieux à risque pour la transmission de la COVID-19, tout en tenant compte des contraintes de temps des parties prenantes et des lacunes considérables dans la littérature sur le plan des données. L'objectif était d'établir les critères et les indicateurs qui seraient les plus informatifs pour évaluer le risque de transmission dans les milieux et de faire produire un classement consensuel de ces critères par



Tableau 1 : Résumé des étapes du processus participatif et « allégé » d'aide multicritère à la décision

Phase	N°	Étapes du processus participatif	Étapes incluses dans le processus « allégé » ^a
Structuration des problèmes	1	Définition du problème posé	x
	2	Détermination des parties prenantes	x
	3	Définition des options ^b	—
	4	Définition des critères	x
	5	Pondération des critères	x
	6	Évaluation des options ^b en fonction des critères	—
Analyse de décisions	7	Analyse de décisions	—
	8	Analyse de sensibilité	—
	9	Interprétation des résultats	—

^a Les étapes incluses dans le processus « allégé » sont marquées d'un « X ». Les tirets, « — », indiquent une étape non incluse

^b Dans ce contexte, les « options » sont les milieux (e.g. les bars, les concerts en salle, etc.) faisant l'objet d'une évaluation

les experts. La présentation des résultats de cet exercice est accompagnée d'une discussion sur la façon dont les résultats pourraient servir à faciliter l'évaluation des milieux pour déterminer le risque de transmission qu'on y trouve.

Quatre étapes d'une méthodologie d'aide multicritère à la décision participative ont été adaptées pour permettre la création d'une liste de critères consensuels classés par les experts et pouvant être utilisés comme aide à la décision. Une analyse rapide de la littérature a été effectuée pour rechercher

les facteurs généraux contribuant au risque de transmission de la COVID-19 et produire une liste préliminaire de critères clés. L'analyse a été effectuée dans une base de données évolutive de la littérature sur la COVID-19, gérée par l'Agence de la santé publique du Canada (l'Agence), qui compile quotidiennement les citations de sept bases de données. Cette recherche a permis de dresser une première liste de vingt-trois critères, ainsi que des indicateurs pour leur évaluation rapide. Un nombre limité d'études étaient disponibles; il s'agissait principalement d'examens rapides de rapports concernant des endroits où des foyers avaient été observés et où de nombreuses éclosions précoces avaient été signalées avant l'utilisation généralisée des mesures de santé publique. Les critères préliminaires concernaient les facteurs communs présents dans les milieux où des éclosions étaient survenues. On pensait que la transmission par gouttelettes et aérosols était à l'origine de la plupart des transmissions et que les éléments favorisant le contact étroit dans des espaces fermés et bondés étaient les principaux facteurs de transmission.

La liste préliminaire des critères a été présentée à un groupe de 62 experts provinciaux en santé publique aux fins d'examen et de commentaires. La liste a été condensée en 15 critères, dont 10 caractéristiques se rapportant au site et à l'événement, une caractéristique liée au participant et quatre mesures d'atténuation potentielles (tableau 2). Pour que le nombre final de critères demeure gérable, un certain nombre de critères de la liste initiale ont été combinés (e.g. lieu intérieur/extérieur et ventilation) et les critères permettant d'évaluer les activités secondaires des milieux n'ont pas été inclus (e.g. salles à manger ou salles de repos communes). Cette liste a ensuite été présentée à un groupe d'experts du Réseau panafrican de santé publique impliqués dans la réponse à la COVID-19,

Tableau 2 : Critères d'évaluation du risque de transmission dans les milieux

Critères	Niveau (de risque faible à élevé)	Résumé : Ce que l'on sait	Exemples	Références
Emplacement et ventilation	1. Plein air 2. Intérieur, bonne ventilation (mécanique adéquate – CVC) 3. Intérieur, ventilation modérée (fenêtres) 4. Intérieur, mauvaise ventilation	<p>Le risque de transmission est généralement considéré comme plus faible à l'extérieur, selon la nature du milieu, du type d'activité, de la durée, de la circulation et de la possibilité de maintenir une distance physique de 2 mètres ou plus.</p> <p>Weed <i>et al.</i> rapportent des preuves limitées de transmission à l'extérieur sur la base des études examinées. Une certaine transmission à l'extérieur s'est produite lorsque la distance physique n'a pu être respectée ou dans des conditions de forte densité, de faible circulation, et de grands rassemblements de longue durée (e.g. concerts en plein air, festivals, certaines activités physiques, événements sportifs).</p> <p>Le risque de transmission dans les environnements fermés serait plus élevé que dans les environnements en plein air [OR 18,7 (6,0-57,9)]. Remarque : les cas étudiés ont eu lieu lorsque les interactions sociales n'étaient pas restreintes.</p> <p>Le CEPCM a conclu que des systèmes de CVC bien entretenus, adaptés à l'utilisation en cas de pandémie de COVID-19, pourraient contribuer à réduire la transmission par voie aérienne.</p>	<p>Exemples de milieux intérieurs :</p> <p>Centres de conditionnement physique, cours de mise en forme, sports récréatifs, lieux de travail Boîtes de nuit mal ventilées, bondées et bruyantes, où les participants risquent de crier et de se serrer les uns contre les autres pour communiquer; les salles de karaoké</p> <p>Fêtes, restaurants, établissements de santé</p>	(16-23)



Tableau 2 : Critères d'évaluation du risque de transmission dans les milieux (suite)

Critères	Niveau (de risque faible à élevé)	Résumé : Ce que l'on sait	Exemples	Références
		<p>CVC – la contamination des échantillons d'air et des surfaces des systèmes de CVC dans les établissements de soins de santé indique une propagation possible, mais la viabilité du virus n'est pas établie.</p> <p>Certains des premiers foyers ont été attribués aux climatiseurs et à la recirculation de l'air. Les jets d'air provenant de la climatisation et de la recirculation de l'air intérieur ont été considérés comme des modes de transmission probables.</p> <p>D'autres infections au coronavirus ont été associées à une mauvaise ventilation (circulation et élimination insuffisantes de l'air intérieur contaminé).</p>	Exemples de milieux extérieurs : Festivals locaux, événements avec tentes de restauration mal ventilées	
Durée de l'événement (temps)	1. Interaction de moins de 5 minutes 2. De 5 à 14 minutes 3. De 15 à 60 minutes 4. Plus de 60 minutes	<p>Dans une étude sur les événements en plein air où il y a eu transmission, la foule était un facteur commun à toutes les éclosions, mais la circulation (mélange) des participants, les interactions à proximité avec des conversations bruyantes, des cris ou des chants, et la durée de l'événement étaient des facteurs importants (Weed et Foad).</p> <p>Une synthèse rapide a révélé que d'importants foyers d'éclosion sont apparus dans des milieux où des personnes étaient confinées pendant des périodes prolongées (e.g. logements partagés, usines de transformation des aliments, services religieux).</p>	s.o.	(21,24,25)
Contact entre les participants pendant l'activité	1. Aucun contact physique 2. Distance de 2 mètres 3. Certains contacts physiques, à moins d'un mètre des participants, partage de surfaces 4. Contact physique étroit, contact avec la peau	<p>La transmission du SRAS-CoV-2 se fait principalement par contact étroit prolongé et par exposition aux sécrétions respiratoires. Les contacts rapprochés entre personnes augmentent la probabilité de transmission du virus, les interactions pouvant aller d'une interaction face à face à un contact physique direct. Le risque de transmission peut être atténué dans une certaine mesure par le port de masques et d'autres EPI.</p> <p>Les infections en milieu de travail ont été facilitées par des contacts étroits et la durée des interactions. Par exemple, les employés des épiceries qui sont en contact direct avec les clients, les ambulanciers et les pompiers qui sont en contact physique avec des personnes potentiellement infectées sont plus exposés.</p>	s.o.	(24,25)
Densité de la foule	1. Faible (distance de plus de 2 mètres régulièrement maintenue) 2. Moyen (distance de 2 mètres) 3. Élevé (moins de 2 mètres entre les participants)	<p>Dalton <i>et al.</i> suggèrent que le risque d'excrétion et d'inhalation d'une dose virale est 8 fois plus élevé lorsque les gens communiquent entre eux à une distance de 30 cm par rapport à 1 mètre.</p> <p>Les situations où la distance physique de 2 mètres ou plus n'est pas possible sont liées à un risque accru de transmission.</p>	Boîtes de nuit mal ventilées, bondées et bruyantes, où les participants risquent de crier et de se serrer les uns contre les autres pour communiquer; les salles de karaoké	(17,21)
Mélange de réseaux/bulles lors de l'événement (de petits groupes fermés par rapport à des participants aléatoires chaque fois)	1. Petit groupe fermé sans contacts extérieurs 2. Groupe fermé avec quelques contacts extérieurs 3. Mélange aléatoire de grands groupes	<p>À partir d'études de modélisation prédictive :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les petits réseaux communautaires fermés où les groupes de personnes n'interagissent qu'avec un groupe choisi d'autres personnes et où l'interaction en dehors du réseau est limitée présentent un risque plus faible. Le risque augmente avec les ponts vers d'autres réseaux. – Les événements où il y a un mélange aléatoire (e.g. les transports en commun, les bars et les événements sportifs) présentent un risque plus élevé en raison du mélange de nombreux petits réseaux. – Pourrait également inclure les situations où l'on est exposé à plusieurs clients (e.g. les travailleurs du transport, les vendeurs, les préposés à l'entretien). 	Les stations de ski en raison de leur attrait pour les voyageurs du monde entier	(26-28)



Tableau 2 : Critères d'évaluation du risque de transmission dans les milieux (suite)

Critères	Niveau (de risque faible à élevé)	Résumé : Ce que l'on sait	Exemples	Références
		Un examen du risque de transmission lié au milieu de travail a révélé que les conducteurs et les travailleurs des transports, les travailleurs des services et des ventes, le personnel de l'industrie alimentaire, les professions des soins personnels, les employés de la production alimentaire, les employés des milieux préscolaires, les travailleurs dans les services sociaux et communautaires, les travailleurs de la construction et des métiers connexes et les travailleurs de la sécurité publique étaient les plus à risque d'infection (ces groupes sont fortement exposés à des personnes/clients aléatoires dans leur secteur de travail).		
Mixité des participants (circulation et mixité des participants dans un même événement)	1. Aucun 2. Modéré 3. Élevé	Dans une étude sur les événements en plein air où il y a eu transmission, la foule (nombre et densité) était un facteur commun à toutes les éclosions, mais la circulation (mélange) des participants, les interactions à proximité avec des conversations bruyantes, des cris ou des chants, et la durée de l'événement étaient des facteurs importants.	s.o.	(21)
Nombre de personnes (par rassemblement ou événement ou lieu)	1. 1 2. 1-2 3. Moins de 5 4. Moins de 10 5. Moins de 100 6. Moins de 1 000 7. Plus de 1 000	<p>La taille importante d'une foule augmente la probabilité qu'une personne infectée soit présente et accroît l'affluence, le contact et donc la probabilité de transmission, même à l'extérieur.</p> <p>Sur les cinquante-cinq études examinées dans le cadre de la récente synthèse des données probantes de l'Agence, une relation claire a été établie entre l'augmentation de la taille des rassemblements et le risque, mais le seuil de taille n'était pas uniforme. Lorsque la distance physique est rompue, que la densité est élevée, que les participants circulent et que le rassemblement se déroule sur une longue période, le risque de transmission augmente.</p> <p>Une étude écologique a estimé une réduction de 36 % du R_0 si le seuil de rassemblement était de 10 personnes, contre 21 % s'il était de 100 personnes, et une réduction de 2 % du R_0 si le seuil de rassemblement était de 1 000 personnes. Dans une évaluation des interventions non pharmaceutiques à l'échelle mondiale, Esra et al. ont estimé une réduction globale de 10 % des infections associées aux restrictions de la taille des rassemblements.</p> <p>Plus particulièrement dans les environnements intérieurs, le fait qu'il y ait un plus grand nombre de personnes augmente la concentration potentielle de particules virales en suspension et le nombre de personnes pouvant être exposées à un moment donné.</p>	<p>Éclosion lors d'un carnaval en Allemagne : 1 700 cas</p> <p>Les événements sportifs sont également associés aux éclosions</p> <p>Des mariages, des rassemblements religieux et des bars ont été liés à des foyers d'éclosion à Hong Kong</p>	(21,22,24, 29-33)
Activité connexe (e.g. covoiturage/ déplacement en groupe vers le lieu en question)	1. Aucun 2. Oui, activité connexe avec risque de transmission	Le travail et la vie en communauté augmentent le risque de transmission.	s.o.	(34)
Recherche de contacts facilitée en cas d'éclosion	1. Les coordonnées des participants sont disponibles et il est facile de joindre ces derniers en cas de besoin 2. Un suivi incohérent des participants peut compliquer la recherche de contacts 3. Aucun	<p>Il a été démontré que les tests, le dépistage et l'isolement en temps utile sont des stratégies importantes d'intervention non pharmaceutique pour contenir la transmission de COVID-19.</p> <p>Les études de modélisation montrent que les retards dans la recherche de contacts (trois jours ou plus) ne permettent pas de ramener le R_t sous 1.</p>	s.o.	(21,35,36)
Cohortes et distanciation physique pour réduire les contacts	1. Cohortes pour réduire le mélange des réseaux et la densité/nombres 2. Aucun	Prévention réussie de la transmission sur le lieu de travail liée à une limitation des contacts physiques, notamment par le regroupement en cohorte des employés ou l'échelonnement de leur horaire de travail.	s.o.	(37,38)



Tableau 2 : Critères d'évaluation du risque de transmission dans les milieux (suite)

Critères	Niveau (de risque faible à élevé)	Résumé : Ce que l'on sait	Exemples	Références
Niveau d'air expulsé	1. Rester silencieux 2. Parler 3. Chanter ou crier 4. Exercice physique modéré à intense 5. Procédures médicales pouvant générer des aérosols	Dalton et al. suggèrent que le risque d'excrétion d'une dose virale est multiplié par 3 à 10 en raison de vocalisations plus fortes (cris ou chants) dans des environnements où la musique est forte. Dalton et al. suggèrent en outre que le risque d'excrétion d'une dose virale est multiplié par 3 en cas d'exercice léger (par rapport à la parole).	Exemple de transmission dans un groupe de chant/choré Centres de conditionnement physique	(17,39-45)
Structure d'âge de la population participante	1. Faible risque— principalement des enfants 2. Risque moyen— adultes et enfants mélangés 3. Risque élevé—adultes seulement	L'analyse des données de Wuhan a permis de déterminer que le modèle convient le mieux à la mise à l'essai de l'hypothèse selon laquelle les enfants présentent des symptômes plus légers. Le taux de mortalité à la suite d'une infection est proche de zéro chez les enfants et les jeunes adultes et augmente de façon exponentielle avec l'âge.	s.o.	(46-49)
Nettoyage de l'environnement/ autres efforts d'atténuation de la transmission	1. Oui, utilisation de plexiglas ou d'une autre barrière non perméable entre les personnes; lavage des mains et nettoyage systématique des surfaces et de l'environnement partagés après chaque utilisation individuelle 2. Aucun	Les interventions de santé publique sont plus efficaces lorsqu'elles sont combinées. La modélisation montre que l'hygiène des mains, le port du masque et la limitation des contacts individuels contribuent à réduire la transmission dans les grands rassemblements de personnes aléatoires.	s.o.	(26)
Port de masques ou de couvre-visage	1. Masques ou couvre-visage systématiquement utilisés correctement 2. Masques ou couvre-visage mal utilisés 3. Aucun masque ou couvre-visage porté	Une grande partie de la recherche sur l'utilisation des masques a été effectuée avant la COVID-19 et l'utilisation des masques chirurgicaux. Des études d'observation sur l'utilisation des effets protecteurs des masques contre les maladies semblables à la grippe ont été démontrées. Des études sur le port de masques non chirurgicaux par les travailleurs de la santé ont démontré une protection par rapport à l'absence de masque. La modélisation montre que l'hygiène des mains, le port du masque et la limitation des contacts individuels contribuent à réduire la transmission dans les grands rassemblements de personnes aléatoires.	Exemple de transport en commun par autobus en Chine où un voyageur infecté ne portait pas de masque lors du premier trajet et a infecté cinq autres voyageurs; par contre, il portait un masque lors du second trajet et aucun cas secondaire n'est apparu lors du dernier voyage (Liu et Zhang)	(26,50,51)
Équipements ou surfaces partagés	1. Aucun 2. Quelques équipements ou surfaces partagés, mais désinfectés régulièrement 3. Certaines surfaces partagées (e.g. boutons d'ascenseur, poignées de porte, stylos), on encourage les personnes sont encouragées à se désinfecter les mains avant de les utiliser 4. L'activité nécessite le partage d'équipements et de surfaces qui ne peuvent être désinfectés en permanence pour des raisons pratiques	La transmission du SRAS-CoV-2 se fait principalement par contact étroit prolongé et par exposition aux sécrétions respiratoires. Toutefois, le SRAS-CoV-2 peut survivre sur diverses surfaces pendant une durée limitée. Il est connu que la transmission par vecteur passif est possible pour le CoV-SRMO et le SRAS. La survie du virus SRAS-CoV-2 dépend de l'humidité relative et de la nature de la surface de contact (la probabilité de survie est plus grande sur les surfaces en plastique et en acier inoxydable que sur les surfaces en cuivre ou en carton). La transmission par surfaces contaminées semble possible. Des échantillons environnementaux prélevés dans la chambre d'un patient infecté (poignée de porte, cuvette des toilettes, évier, ventilateurs de sortie d'air) à Singapour se sont révélés positifs pour le SRAS-CoV-2. Les échantillons de la chambre de deux autres patients infectés sont tous négatifs. Le premier patient avait une charge virale plus élevée que les deux autres. Les tests n'ont pas évalué la viabilité du virus dans les échantillons.	Les rassemblements religieux peuvent être l'occasion de faire circuler des offrandes, des objets sacramentels ou de partager de la nourriture et des rafraîchissements. Des foyers d'éclosion ont été signalés en Corée du Sud et en Arkansas (États-Unis). Notez que le chant, l'installation intérieure et la ventilation sont également décrits comme des facteurs ayant contribué à l'éclosion en Arkansas	(17,52-54)

Abréviations : CEPCM, Centre européen de prévention et de contrôle des maladies; COVID-19, maladie à coronavirus 2019; CVC, chauffage, ventilation et climatisation; CoV-SRMO, coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient; EPI, équipement de protection individuelle; INP, interventions non pharmaceutiques; R_0 , taux de reproduction; s.o., sans objet; SRAS, syndrome respiratoire aigu sévère; SRAS-CoV-2, coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère

afin qu'ils procèdent à un classement au cours du mois de décembre 2020 au moyen d'un outil en ligne créé explicitement à cette fin. Les listes individuelles classées par les experts ont été combinées à l'aide de modèles généraux de Mallows (14) pour produire un classement consensuel (voir l'annexe pour plus de renseignements sur les modèles généraux de Mallows). Le progiciel R PerMallows (15) a été utilisé pour analyser les classements.

Résultats

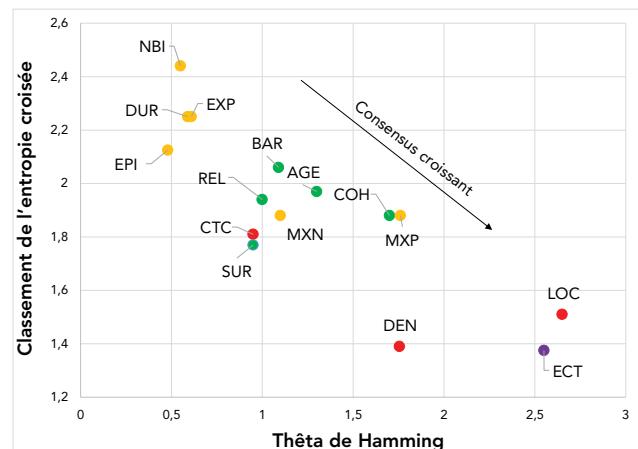
Quinze caractéristiques (i.e. des critères) ont été présentées à un ensemble d'experts pour qu'ils les classent du plus haut au plus bas niveau d'importance lors de l'évaluation du risque de transmission de la COVID-19 dans différents milieux. Quinze experts ont renvoyé leur classement avant la date limite. Bien que le nombre de répondants soit faible, les répondants représentaient les régions géographiques du Canada les plus touchées par la COVID-19 à l'époque.

Classement consensuel au moyen de modèles de Mallows généralisés

Un consensus généralement bon s'est dégagé parmi les experts sur l'importance relative des critères, avec quelques variations individuelles dans des positions de classement précises (figure 1). Le tableau 3 montre les classements créés par chaque participant. Le classement consensuel résultant des modèles de Mallows généralisés avec la distance de Kendall et de Hamming est présenté dans le tableau 4. Bien qu'il y ait un large consensus

entre les deux classements consensuels, des différences sont apparues en raison de la plus grande variation des classements des répondants pour certains critères.

Figure 1 : Classement de l'entropie croisée et thêta de Hamming à partir du modèle généralisé de Mallows^b



Abbreviations : AGE, structure d'âge des participants; BAR, contrôles techniques — utilisation de barrières physiques et nettoyage de l'environnement; CTC, contact entre les participants; COH, utilisation de cohortes; DEN, densité de la foule; DUR, durée de l'événement; ECT, facilité de recherche des contacts; EPI, équipement de protection individuelle; EXP, niveau d'air expulsé; LOC, emplacement et ventilation; MXN, mélange des réseaux; MXP, mélange des participants; NBI, nombre de ménages; REL, activité connexe; SUR, équipement ou surfaces partagées

^a Thêta de Hamming ($\theta_{j=1,15}$)

^b Les critères sont codés par couleur, par catégorie : les critères critiques en rouge, les critères importants en orange, les critères à considérer en vert et les critères à considérer si le temps le permet en violet. Le consensus entre les répondants sur les positions de classement absolu des critères augmente pour les critères situés dans le quadrant inférieur droit

Tableau 3 : Classement par les experts des critères^a de transmission de la COVID-19

Expert	Classement des critères														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	LOC	DUR	CTC	DEN	MXN	MXP	NBI	REL	ECT	COH	EXP	AGE	BAR	EPI	SUR
2	LOC	AGE	CTC	MXN	NBI	MXP	EXP	ECT	SUR	EPI	DUR	REL	BAR	DEN	COH
3	LOC	ECT	EXP	DUR	NBI	REL	CTC	SUR	AGE	COH	MXN	MXP	EPI	DEN	BAR
4	AGE	MXP	LOC	DUR	EXP	COH	CTC	ECT	SUR	BAR	NBI	REL	MXN	DEN	EPI
5	MXN	CTC	NBI	DUR	REL	DEN	LOC	AGE	SUR	BAR	ECT	EPI	COH	MXP	EXP
6	NBI	DEN	DUR	LOC	MXN	MXP	ECT	REL	EPI	BAR	COH	SUR	EXP	CTC	AGE
7	MXP	MXN	LOC	DUR	ECT	REL	DEN	SUR	EXP	COH	CTC	AGE	EPI	NBI	BAR
8	MXP	NBI	DUR	LOC	ECT	DEN	MXN	CTC	BAR	AGE	REL	EXP	EPI	SUR	COH
9	COH	DEN	LOC	DUR	MXP	MXN	REL	NBI	SUR	BAR	CTC	EXP	AGE	EPI	ECT
10	CTC	DUR	MXN	LOC	REL	NBI	MXP	ECT	SUR	BAR	DEN	EPI	AGE	COH	EXP
11	LOC	EXP	NBI	DEN	ECT	REL	COH	EPI	AGE	CTC	MXP	SUR	DUR	MXN	BAR
12	LOC	NBI	CTC	DEN	MXN	EXP	DUR	AGE	SUR	ECT	REL	EPI	MXP	COH	BAR
13	LOC	EXP	MXP	CTC	NBI	REL	DEN	AGE	SUR	MXN	COH	EPI	ECT	DUR	BAR
14	LOC	COH	DUR	CTC	BAR	REL	ECT	SUR	AGE	EPI	DEN	NBI	MXP	MXN	EXP
15	LOC	MXP	DUR	DEN	REL	ECT	BAR	EXP	SUR	NBI	MXN	COH	AGE	CTC	EPI

Abbreviations : AGE, structure d'âge des participants; BAR, contrôles techniques — utilisation de barrières physiques et nettoyage de l'environnement; CTC, contact entre les participants; COH, utilisation de cohortes; DEN, densité de la foule; DUR, durée de l'événement; ECT, facilité de recherche des contacts; EPI, équipement de protection individuelle; EXP, niveau d'air expulsé; LOC, emplacement et ventilation; MXN, mélange des réseaux; MXP, mélange des participants; NBI, nombre de ménages; REL, activité connexe; SUR, équipement ou surfaces partagées

^a Les réponses correspondent aux classements individuels des experts



Tableau 4 : Classement consensuel (mode) des critères dans le cadre de modèles de Mallows généralisés utilisant la distance de Kendall et de Hamming

Catégorie	Code	Critères	Kendall	Hamming
Critique	DEN	Densité de la foule	1	2
	CTC	Contact entre les participants	2	3
	LOC	Emplacement et ventilation	3	1
Important	NBI	Nombre de ménages (ou de personnes)	4	4
	EXP	Niveau d'air expulsé (de l'activité)	5	10
	DUR	Durée de l'événement	6	6
	EPI	Équipement de protection individuelle—port de masques ou de couvre-visage	7	5
	MXP	Mélange des participants	8	8
	MXN	Mélange de réseaux	9	7
À considérer	BAR	Contrôles techniques—utilisation de barrières physiques et nettoyage de l'environnement	10	12
	REL	Activité connexe (e.g. voyage en groupe)	11	9
	COH	Programmation administrative—utilisation de cohortes pour échelonner les participants et réduire les contacts	12	13
	AGE	Structure d'âge des participants dans la population	13	14
	SUR	Équipements ou surfaces partagés	14	11
Si le temps le permet	ECT	Recherche de contacts facilitée en cas d'élosion	15	15

Abréviations : AGE, structure d'âge des participants; BAR, contrôles techniques — utilisation de barrières physiques et nettoyage de l'environnement; CTC, contact entre les participants; COH, utilisation de cohortes; DEN, densité de la foule; DUR, durée de l'événement; ECT, facilité de recherche des contacts; EPI, équipement de protection individuelle; EXP, niveau d'air expulsé; LOC, emplacement et ventilation; MXN, mélange des réseaux; MXP, mélange des participants; NBI, nombre de ménages; REL, activité connexe; SUR, équipement ou surfaces partagés

L'emplacement et la ventilation ainsi que la facilité de recherche de contacts sont les critères sur lesquels les experts étaient le plus en accord en termes de classement absolu (i.e. les critères les plus importants et les moins importants). L'emplacement et la ventilation apparaissent exclusivement dans les sept premiers rangs et presque toujours ($n = 14/15$ fois) dans les quatre premiers rangs des classements des experts. Les critères qui suscitaient le plus fort désaccord entre les experts quant à la position absolue dans le classement étaient le nombre de ménages ou de personnes et le niveau d'air expulsé.

Catégorisation des critères sur la base des classements consensuels combinés

Les critères ont été placés dans des catégories en fonction du niveau d'accord entre les experts et des classements combinés de Kendall et de Hamming (tableau 4). Quatre catégories ont ainsi été créées : « critique »; « important »; « à considérer »; et « si le temps le permet ».

Catégories 1 et 2 : Critères critiques et importants

La première série de critères (« critiques ») se composait de trois critères qui étaient systématiquement classés dans les premières positions par les experts : 1) la densité de la foule; 2) le contact entre les participants; et 3) l'emplacement et la ventilation.

La deuxième série de critères (« importants ») a été presque systématiquement classée dans la première moitié du classement par les experts (à l'exception du niveau d'air expulsé), bien qu'une certaine variabilité dans le positionnement spécifique du classement ait été observée entre les experts : 1) le nombre de ménages; 2) le niveau d'air expulsé (de l'activité); 3) la durée de l'événement ou de l'activité; 4) l'utilisation d'équipements de protection individuelle; 5) le mélange des réseaux; et 6) le mélange des participants. Bien qu'une grande variation dans le classement des experts ait été observée concernant le niveau d'air expulsé (présent dans la moitié supérieure pour certains experts et dans la moitié inférieure pour d'autres), étant donné les données disponibles dans la littérature sur ce critère, il a été placé dans la catégorie « important ».

Catégories 3 et 4 : Critères « à considérer » et « si le temps le permet »

Le troisième ensemble (« à considérer ») comprenait cinq critères. Les experts ont généralement placé ces critères dans la moitié inférieure de leur classement, bien que l'importance relative attribuée à chaque critère varie selon les experts. Cet ensemble comprend les éléments suivants : 1) l'utilisation de contrôles techniques et le nettoyage de l'environnement; 2) l'activité connexe; 3) la programmation administrative; 4) la structure d'âge des participants; et 5) le partage d'équipement ou de surfaces. Enfin, compte tenu du très fort consensus quant au positionnement du dernier critère, la facilité de recherche de



contacts, qui a été presque systématiquement classé au dernier rang par les experts, ce critère a été placé dans la catégorie « si le temps le permet ».

Discussion

Ce projet visait à identifier les facteurs clés (critères) à considérer lors de la prise de décision concernant le risque associé à la transmission de la COVID-19 dans divers milieux où les gens se rassemblent. L'utilisation de modèles de Mallows généralisés a permis d'analyser et de quantifier le consensus entre les experts sur l'importance relatif dans le classement des différents facteurs de risque associé à la transmission (critères). L'absence de consensus approximatif sur un critère donné peut entraîner de grandes différences entre les modèles utilisant des mesures différentes; cependant, l'utilisation des mesures de Kendall et de Hamming a permis l'observation d'un grand consensus entre les critères les plus importants et les moins importants.

La liste des critères de transmission classée par consensus et les catégories correspondantes résultant de cet exercice contribuent à un cadre de classement des milieux selon le risque de transmission de la COVID-19 en fonction des critères établis à la fois dans la documentation et selon l'opinion d'experts. La façon dont un milieu est évalué ou noté par rapport à un critère spécifique dépendra d'une série de facteurs propres à la communauté locale où l'évaluation est entreprise, notamment la transmission locale, les mesures de santé publique en place, l'adoption actuelle de ces mesures par la population locale et les caractéristiques propres au milieu.

Bien que ce cadre ait pour but de faciliter l'évaluation du risque de transmission, toutes les évaluations du risque doivent être réalisées dans le contexte de l'épidémiologie locale et en tenant compte des caractéristiques spécifiques du rassemblement/ de l'événement/du lieu évalué. Le classement du risque de transmission que présentent différents milieux dans un lieu géographique ne sera pas nécessairement le même que celui effectué dans un autre lieu géographique en raison de la variation épidémiologique locale, même si les mêmes critères sont utilisés.

Sur la base des recherches formatives menées, la liste consensuelle reprend les éléments qui sont le plus directement liés au risque de transmission. Lors de l'évaluation des milieux et du risque de transmission qui leur est associé, il est important de garder à l'esprit les activités réalisées sur place et leurs contextes connexes, car ces activités peuvent avoir une incidence sur le risque de transmission; par exemple, le transport en commun vers le milieu ou le logement partagé. Ces activités connexes peuvent présenter des possibilités supplémentaires de transmission qu'il peut être important de prendre en compte dans l'évaluation des risques.

Bon nombre des critères présentés sont interdépendants ou synergiques et, par conséquent, peuvent être difficiles à évaluer individuellement (e.g. le nombre de participants à un événement et la densité de la foule). L'utilisation de scénarios peut aider à démêler certains de ces facteurs. Par exemple, un scénario pourrait être défini pour évaluer le risque de transmission lorsqu'un certain pourcentage de la population est vacciné, et un autre scénario défini pour envisager un pourcentage de vaccination cible différent. D'autres scénarios pourraient être définis pour prendre en compte différents niveaux de transmission communautaire, car la prévalence locale de la COVID-19 modifiera la probabilité de rencontrer une personne infectée. L'examen et la discussion des évaluations par des experts sont également importants, car ils favorisent la contre-vérification et la prise en compte d'un large éventail de facteurs locaux.

L'opérationnalisation de cette liste et des catégories qui en découlent est laissée à la discrétion des experts régionaux en santé publique, bien que certaines suggestions fassent l'objet de discussions. L'évaluation dans le cadre d'un processus d'aide multicritère à la décision à plusieurs étapes permettrait une évaluation systématique entre les milieux; toutefois, l'illustration complète de cette approche dépasse le cadre de cet article.

Considérations sur les variants préoccupants

L'évaluation du risque de transmission restera nécessaire jusqu'à ce qu'une couverture vaccinale et immunité naturelle suffisante puisse être atteinte pour obtenir une immunité de groupe. Avec l'émergence des variants préoccupants à l'échelle du pays, de nouvelles vagues de cas pourraient continuer de menacer la capacité des soins de santé au Canada malgré le déploiement des vaccins. Nos experts ont donc été consultés une nouvelle fois en mars 2021 pour voir si leur classement des critères changerait compte tenu de l'émergence des variants préoccupants. Étant donné le manque de preuves indiquant que les variants préoccupants affectent différemment le risque de transmission, les experts qui ont répondu ($n = 10/15$) ont laissé leur classement inchangé. Il convient de suivre l'évolution de la situation au fur et à mesure que l'on acquiert de nouvelles connaissances sur le sujet.

Utilisation des critères pour l'évaluation des milieux et des rassemblements et limites de ces critères

Bien qu'une évaluation multicritères complète des milieux n'entre pas dans le cadre du présent document, certaines lignes directrices sur l'utilisation des critères d'évaluation des milieux sont proposées ci-dessous. Il existe des progiciels pour l'aide multicritère à la décision, notamment un progiciel gratuit récemment développé pour R (<https://cran.r-project.org/web/packages/MCDA/MCDA.pdf>) et d'autres options logicielles universitaires ou payantes. Ces logiciels permettent l'aide multicritère à la décision sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des experts en statistiques pour effectuer les évaluations.



Avant d'entreprendre une évaluation des milieux, il convient de définir clairement la portée et l'ampleur de l'évaluation. Par exemple, il est important de déterminer si l'évaluation est effectuée pour évaluer l'exposition quotidienne des personnes à la transmission dans un milieu donné ou si elle est effectuée pour évaluer l'exposition quotidienne des personnes travaillant toute la journée dans un milieu donné, car un milieu peut présenter des risques différents pour un visiteur occasionnel et pour un employé qui est exposé pendant plusieurs heures. Il est important de déterminer si des sous-groupes particuliers doivent être pris en compte dans l'évaluation; par exemple, les personnes cliniquement vulnérables sont-elles incluses dans le champ d'application ou une évaluation distincte est-elle nécessaire pour évaluer correctement ce sous-groupe? Au fur et à mesure que l'on envisage d'inclure des milieux, il est utile de créer une description du milieu dans le contexte évalué (e.g. dans une épicerie—où une visite type dure généralement environ 15 minutes—les masques sont actuellement obligatoires). Des variations supplémentaires des milieux peuvent être ajoutées pour évaluer les variations qu'il peut être pertinent d'examiner (e.g. les variations où le port du masque n'est pas obligatoire, etc.) Un examen rapide des critères doit être entrepris par les experts participant au processus afin de déterminer si tous les critères proposés demeurent pertinents selon le contexte local (e.g. un critère pour lequel tous les milieux ont le même score n'est pas discriminant et peut être omis de l'évaluation).

En fonction des données dont dispose un décideur pour évaluer les milieux, et en tenant compte des niveaux d'incertitude, de variabilité et de données manquantes, les critères essentiels et importants doivent être évalués dans la mesure du possible comme premier niveau d'évaluation du risque de transmission de la COVID-19 entre milieux. Le jugement et l'opinion des experts peuvent être utilisés pour compléter les données manquantes. Si des renseignements suffisants sont disponibles ou peuvent être évalués de manière appropriée par des experts, une évaluation plus complète des milieux, de type aide multicritère à la décision, peut être entreprise. Un processus d'évaluation systématique, comme celui offert par une évaluation de type aide multicritère à la décision, peut être utilisé pour mieux comprendre le risque de transmission relatif entre les milieux et, en particulier, pour mettre en évidence les facteurs contributifs les plus forts ainsi que les facteurs de protection les plus forts relativement au risque de transmission entre les milieux. Ce type d'évaluation pourrait aider à déterminer à quels endroits des mesures d'atténuation devraient être envisagées pour aider à réduire le risque de transmission. Un milieu dont les critères sont jugés médiocres ou insuffisants devrait être pris en compte pour l'atténuation et la surveillance potentielle du risque de transmission. Comme il a été suggéré précédemment, l'utilisation de scénarios peut également servir

à examiner l'évolution de l'épidémiologie et son impact sur la transmission. Par exemple, des scénarios avec différents niveaux de vaccination, de nouveaux niveaux de dominance d'un variant préoccupant et des niveaux de transmission communautaire peuvent être définis et utilisés pour déterminer comment ils peuvent affecter le risque de transmission relatif des milieux.

Selon les données disponibles et les degrés d'incertitude autour de celles-ci, tout classement subséquent ne représentera pas une évaluation ou un classement absolu strict des milieux, mais plutôt une évaluation locale de base qui reflète les renseignements disponibles et les experts concernés participant au processus.

À titre de rappel, l'utilisation de ce cadre a pour but d'aider à éclairer la prise de décision concernant le risque de transmission et non de rendre la décision elle-même puisque d'autres facteurs doivent être pris en compte dans le processus décisionnel concernant les fermetures. Pour réaliser une évaluation plus complète des fermetures/réouvertures, on pourrait envisager d'inclure, dans un processus d'aide multicritère à la décision participatif à plusieurs étapes, des dimensions supplémentaires allant au-delà des facteurs de risque de transmission, tels que des considérations sociales, économiques et d'autres facteurs influant sur la santé.

Conclusion

Ce projet s'est appuyé sur les données les plus récentes concernant les facteurs de risque de transmission de la COVID-19 dans les lieux à partir desquels les critères d'évaluation du risque de transmission ont été élaborés, puis évalués par des experts. La liste consensuelle qui en résulte constitue un ensemble d'éléments génériques importants qui peuvent être appliqués à n'importe quel contexte comme un cadre objectif et transparent pour évaluer le risque de transmission dans un lieu donné. De pair avec un examen plus approfondi de l'épidémiologie locale de la COVID-19, une évaluation globale du risque de transmission peut être établie. Ce travail est centré sur les facteurs les plus directement liés à la transmission de la COVID-19 comme premier niveau de préoccupation dans l'évaluation des milieux. En fonction du contexte décisionnel (e.g. les décisions concernant les fermetures ou les réouvertures), des facteurs supplémentaires doivent être pris en compte dans le processus décisionnel, notamment les impacts économiques et sociaux. Des couches de renseignements supplémentaires pourraient être ajoutées au processus d'aide multicritère à la décision participatif afin d'inclure des critères économiques, sociaux et sanitaires, de sorte que les compromis puissent être examinés de manière plus approfondie, permettant ainsi aux décideurs de prendre des décisions plus éclairées concernant les fermetures et les réouvertures afin de réduire le risque de transmission de la COVID-19.



Déclaration des auteurs

V. H. — Conception et plan, acquisition et interprétation des données, rédaction de la version originale, révision et édition
D. M. et J. L. — Acquisition des données, analyse des données, rédaction-révision et édition

A. F. A. O., P. T. et N. H. O. — Conception et plan, révision et édition de l'écrit et examen critique

L. W. — Interprétation, révision et édition de l'écrit et examen critique

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les membres du groupe consultatif technique et du Groupe de travail sur la préparation du Canada en cas de grippe pandémique (PCGP) pour leur soutien et leurs commentaires sur ce projet, ainsi que les membres de l'équipe de synthèse des connaissances de la Division des sciences du risque en santé publique de l'Agence de la santé publique du Canada pour leurs précieux produits de synthèse des connaissances. Les auteurs tiennent également à remercier les membres du Comité directeur sur les maladies transmissibles et infectieuses et le secrétariat de modélisation pour le soutien logistique apporté à ce projet.

Financement

Aucun.

Références

1. World Health Organization. Novel coronavirus (2019-nCoV) Situation Report. Geneva, Switzerland: WHO; 21 January 2020 (accédé 2021-03-01). www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200121-sitrep-1-2019-ncov.pdf
2. Gouvernement du Canada. Mise à jour quotidienne sur l'épidémiologie de la COVID-19. Ottawa (ON) : Gouvernement du Canada; (modifié 2021-09-15; accédé 2021-04-26). <https://sante-infobase.canada.ca/covid-19/resume-epidemiologique-cas-covid-19.html#a4>
3. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, Cheng Z, Yu T, Xia J, Wei Y, Wu W, Xie X, Yin W, Li H, Liu M, Xiao Y, Gao H, Guo L, Xie J, Wang G, Jiang R, Gao Z, Jin Q, Wang J, Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. Lancet 2020;395(10223):497–506. [DOI](#) [PubMed](#)
4. Detsky AS, Bogoch II. COVID-19 in Canada: experience and Response. JAMA 2020;324(8):743–4. [DOI](#) [PubMed](#)
5. Adams-Prassl A, Boneva T, Golin M, Rauh C. Inequality in the impact of the coronavirus shock: Evidence from real time surveys. J Public Econ 2020;189:104245. [DOI](#)
6. Blundell R, Costa Dias M, Joyce R, Xu X. COVID-19 and Inequalities. Fisc Stud 2020. [DOI](#) [PubMed](#)
7. Brodeur A, Gray D, Islam A, Bhuiyan S. A literature review of the economics of COVID-19. J Econ Surv 2021. [DOI](#) [PubMed](#)
8. Calderón-Larrañaga A, Dekhtyar S, Vetrano DL, Bellander T, Fratiglioni L. COVID-19: Risk accumulation among biologically and socially vulnerable older populations. Ageing Res Rev 2020;63:101149. [DOI](#) [PubMed](#)
9. Engzell P, Frey A, Verhagen MD. Learning inequality during the COVID-19 pandemic. 2020; SocArXiv ve4z7, Center for Open Science. <https://osf.io/preprints/socarxiv/ve4z7/>
10. Nicola M, Alsafi Z, Sohrabi C, Kerwan A, Al-Jabir A, Iosifidis C, Agha M, Agha R. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. Int J Surg 2020;78:185–93. [DOI](#) [PubMed](#)
11. Rossi R, Socci V, Talevi D, Mensi S, Niolu C, Pacitti F, Di Marco A, Rossi A, Siracusano A, Di Lorenzo G. COVID-19 pandemic and lockdown measures impact on mental health among the general population in Italy. Front Psychiatry 2020;11:790. [DOI](#) [PubMed](#)
12. Serafini G, Parmigiani B, Amerio A, Aguglia A, Sher L, Amore M. The psychological impact of COVID-19 on the mental health in the general population. QJM 2020;113(8):531–7. [DOI](#) [PubMed](#)
13. Behzadian M, Kazemzadeh RB, Albadvi A, Aghdasi M. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. Eur J Oper Res 2010;200(1):198–215. [DOI](#)
14. Satterthwaite MA. Strategy-proofness and Arrow's conditions: existence and correspondence theorems for voting procedures and social welfare functions. J Econ Theory 1975;10(2):187–217. [DOI](#)
15. Fligner MA, Verducci JS. Distance based ranking models. J R Stat Soc B 1986;48(3):359–69. [DOI](#)
16. Brandl M, Selb R, Seidl-Pillmeier S, Marosevic D, Buchholz U, Rehmet S. Mass gathering events and undetected transmission of SARS-CoV-2 in vulnerable populations leading to an outbreak with high case fatality ratio in the district of Tirschenreuth, Germany. Epidemiol Infect 2020;148:e252. [DOI](#) [PubMed](#)
17. Dalton C, Katalaris A, Wilson N. Open with Care: Minimising COVID-19 Superspreading Settings in Australia. SSRN. June 22, 2020. [DOI](#)
18. European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 clusters and outbreaks in occupational settings in the EU/EEA and the UK. Solna, Sweden. ECDC; (modifié 2020-08-11). <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/covid-19-clusters-and-outbreaks-occupational-settings-eueea-and-uk>



19. Liu Y, Eggo RM, Kucharski AJ. Secondary attack rate and superspreading events for SARS-CoV-2. *Lancet* 2020;395(10227):e47. [DOI](#) [PubMed](#)
20. Nishiura H, Oshitani H, Kobayashi T, Saito T, Sunagawa T, Mutsui T, Wakita T, MHLW COVID-19 Response Team, Suzuki M. Closed environments facilitate secondary transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *medRxiv* 2020.02.28.20029272. [DOI](#)
21. Weed M, Foad A. Rapid scoping review of evidence of outdoor transmission of COVID-19. *medRxiv*. 2020.09.04.20188417. [DOI](#)
22. Agence de la santé publique du Canada. Centre de collaboration nationale des méthodes et outils. Note d'information sur la taille des rassemblements et les caractéristiques des événements à risque élevé de transmission. Ottawa (ON) : ASPC; 2020. <https://www.nccmt.ca/fr/covid-19/covid-19-revues-rapides/194>
23. Lednicky JA, Lauzardo M, Fan ZH, Jutla A, Tilly TB, Gangwar M, Usmani M, Shankar SN, Mohamed K, Eiguren-Fernandez A, Stephenson CJ, Alam MM, Elbadry MA, Loeb JC, Subramaniam K, Waltzek TB, Cherabuddi K, Morris JG Jr, Wu CY. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. *Int J Infect Dis* 2020;100:476–82. [DOI](#) [PubMed](#)
24. Leclerc QJ, Fuller NM, Knight LE, Funk S, Knight GM; CMMID COVID-19 Working Group. What settings have been linked to SARS-CoV-2 transmission clusters? *Wellcome Open Res* 2020;5:83. [DOI](#) [PubMed](#)
25. Lakha F, Rudge JW, Holt H. Rapid synthesis of evidence on settings which have been associated with SARS-CoV-2 transmission clusters. 2020 (accédé 2020-12-05). https://superspreadingsdatabase.github.io/Evidence_on_clusters_final.pdf
26. Scott N, Palmer A, Delpot D, Abeysuriya R, Stuart R, Kerr CC, Mistry D, Klein D, Sacks-Davis R, Heath K, Hainsworth S, Pedrana A, Stoope M, Wilson D, Hellard ME. Modelling the impact of reducing control measures on the COVID-19 pandemic in a low transmission setting. *Med J Aust* 2020;214(2):79–83. [DOI](#) [PubMed](#)
27. Sneppen K, Taylor RJ, Simonsen L. Impact of Superspreaders on dissemination and mitigation of COVID-19. *medRxiv*. 2020.05.17.20104745. [DOI](#)
28. Health Information and Quality Authority. Evidence summary on activities or settings associated with a higher risk of SARS-CoV-2 transmission. HIQA; 2020 (accédé 2021-03-15). <https://www.hiqa.ie/sites/default/files/2020-11/Evidence-summary-activities-and-settings-at-higher-risk.pdf>
29. Adam DC, Wu P, Wong JY, Lau EH, Tsang TK, Cauchemez S, Leung GM, Cowling BJ. Clustering and superspreading potential of SARS-CoV-2 infections in Hong Kong. *Nat Med* 2020;26(11):1714–9. [DOI](#) [PubMed](#)
30. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M, Johnston D, Salvatier J, Gavenciak T, Stephenson AB, Leech G, Altman G, Mikulik V, Norman AJ, Monrad JT, Besiroglu T, Ge H, Hartwick MA, The YW, Chindelevitch L, Gal Y, Kulveit J. The effectiveness of eight nonpharmaceutical interventions against COVID-19 in 41 countries. *medRxiv*. 2020.05.28.20116129. [DOI](#)
31. Esra RT, Jameson L, Fox MP, Letswalo D, Ngcobo N, Mgadi S, Estill J, Meyer-Rath G, Keiser O. Evaluating the impact of non-pharmaceutical interventions for SARS-CoV-2 on a global scale. *medRxiv*. 2020.07.30.20164939. [DOI](#)
32. Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, Bluyssen PM, Boerstra A, Buonanno G, Cao J, Dancer S, Floto A, Franchimon F, Haworth C, Hogeling J, Isaxon C, Jimenez JL, Kurnitski J, Li Y, Loomans M, Marks G, Marr LC, Mazzarella L, Melikov AK, Miller S, Milton DK, Nazaroff W, Nielsen PV, Noakes C, Peccia J, Querol X, Sekhar C, Seppänen O, Tanabe SI, Tellier R, Tham KW, Wargocki P, Wierzbicka A, Yao M. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environ Int* 2020;142:105832. [DOI](#) [PubMed](#)
33. Walker A, Houwaart T, Wienemann T, Vasconcelos MK, Strelow D, Senff T, Hülse L, Adams O, Andree M, Hauka S, Feldt T, Jensen BE, Keitel V, Kindgen-Milles D, Timm J, Pfeffer K, Dilthey AT. Genetic structure of SARS-CoV-2 reflects clonal superspreading and multiple independent introduction events, North-Rhine Westphalia, Germany, February and March 2020. *Euro Surveill* 2020;25(22):2000746. [DOI](#) [PubMed](#)
34. Dyal JW, Grant MP, Broadwater K, Bjork A, Waltenburg MA, Gibbins JD, Hale C, Silver M, Fischer M, Steinberg J, Basler CA, Jacobs JR, Kennedy ED, Tomasi S, Trout D, Hornsby-Myers J, Oussayef NL, Delaney LJ, Patel K, Shetty V, Kline KE, Schroeder B, Herlihy RK, House J, Jervis R, Clayton JL, Ortbahn D, Austin C, Berl E, Moore Z, Buss BF, Stover D, Westergaard R, Pray I, DeBolt M, Person A, Gabel J, Kittle TS, Hendren P, Rhea C, Holsinger C, Dunn J, Turabelidze G, Ahmed FS, deFijter S, Pedati CS, Rattay K, Smith EE, Luna-Pinto C, Cooley LA, Saydah S, Preacely ND, Maddox RA, Lundein E, Goodwin B, Karpathy SE, Griffing S, Jenkins MM, Lowry G, Schwarz RD, Yoder J, Peacock G, Walke HT, Rose DA, Honein MA. COVID-19 among workers in meat and poultry processing facilities—19 states, April 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69(18):557–61. [DOI](#) [PubMed](#)
35. Kucharski AJ, Klepac P, Conlan AJ, Kissler SM, Tang ML, Fry H, Gog JR, Edmunds WJ; CMMID COVID-19 working group. Effectiveness of isolation, testing, contact tracing, and physical distancing on reducing transmission of SARS-CoV-2 in different settings: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis* 2020;20(10):1151–60. [DOI](#) [PubMed](#)
36. Kretzschmar ME, Rozhnova G, Bootsma MC, van Boven M, van de Wijgert JH, Bonten MJ. Impact of delays on effectiveness of contact tracing strategies for COVID-19: A modelling study. *Lancet Public Health* 2020;5(8):e452–9. [DOI](#) [PubMed](#)
37. Shaw AK, White LA, Michalska-Smith M, Borer ET, Craft ME, Seabloom EW, Snell-Rood EC, Travisano M. Lessons from movement ecology for the return to work: modeling contacts and the spread of COVID-19. *PLoS One* 2021;16(1):e0242955. [DOI](#) [PubMed](#)



38. Rafeemanesh E, Ahmadi F, Memarzadeh M. A review of the strategies and studies on the prevention and control of the new coronavirus in workplaces. *Arch Bone Jt Surg* 2020;8 (Suppl1):242–6. [DOI](#) [PubMed](#)
39. Charlotte N. High rate of SARS-CoV-2 transmission due to choir practice in France at the beginning of the COVID-19 pandemic. *J Voice* 2020;S0892-1997(20)30452-5. Publié en ligne avant impression. [DOI](#) [PubMed](#)
40. Prakash MK. Eat, Pray, Work: A meta-analysis of COVID-19 Transmission Risk in Common Activities of Work and Leisure. *medRxiv*. 2020.05.22.20110726. [DOI](#)
41. Hamner L, Dubbel P, Capron I, Ross A, Jordan A, Lee J, Lynn J, Ball A, Narwal S, Russell S, Patrick D, Leibrand H. High SARS-CoV-2 attack rate following exposure at a choir practice—Skagit County, Washington, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69(19):606–10. [DOI](#) [PubMed](#)
42. Kohanski MA, Lo LJ, Waring MS. Review of indoor aerosol generation, transport, and control in the context of COVID-19. *Int Forum Allergy Rhinol* 2020;10(10):1173–9. [DOI](#) [PubMed](#)
43. Agence de la santé publique du Canada. Centre de collaboration nationale des méthodes et outils. Revue rapide sur la transmission par les aérosols du SRAS-CoV-2, Mise à jour 2. Ottawa (ON) : ASPC; 2021. <https://www.nccmt.ca/fr/covid-19/covid-19-revues-rapides/418>
44. Moritz S, Gottschick C, Horn J, Popp M, Langer S, Klee B, Purschke O, Gekle M, Ihling A, Mikolajczyk R. The risk of indoor sports and culture events for the transmission of COCID-19 (Restart-19). *medRxiv*. 2020.10.28.20221580. [DOI](#)
45. Miller SL, Nazaroff WW, Jimenez JL, Boerstra A, Buonanno G, Dancer SJ, Kurnitski J, Marr LC, Morawska L, Noakes C. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event. *Indoor Air* 2021;31(2):314–23. [DOI](#) [PubMed](#)
46. Davies NG, Klepac P, Liu Y, Prem K, Jit M, Eggo RM; CMMID COVID-19 working group. Age-dependent effects in the transmission and control of COVID-19 epidemics. *Nat Med* 2020;26(8):1205–11. [DOI](#) [PubMed](#)
47. Levin AT, Hagine WP, Owusu-Boaitey N, Cochran KB, Walsh SP, Meyerowitz-Katz G. Assessing the age specificity of infection fatality rates for COVID-19: systematic review, meta-analysis, and public policy implications. *Eur J Epidemiol* 2020;35(12):1123–38. [DOI](#) [PubMed](#)
48. Kang SJ, Jung SI. Age-related morbidity and mortality among patients with COVID-19. *Infect Chemother* 2020;52(2):154–64. [DOI](#) [PubMed](#)
49. Kim L, Garg S, O'Halloran A, Whitaker M, Pham H, Anderson EJ, Armistead I, Bennett NM, Billing L, Como-Sabetti K, Hill M, Kim S, Monroe ML, Muse A, Reingold AL, Schaffner W, Sutton M, Talbot HK, Torres SM, Yousey-Hindes K, Holstein R, Cummings C, Brammer L, Hall AJ, Fry AM, Langley GE. Risk factors for intensive care unit admission and in-hospital mortality among hospitalized adults identified through the US coronavirus disease 2019 (COVID-19)-associated hospitalization surveillance network (COVID-NET). *Clin Infect Dis* 2021;72(9):e206–14. [DOI](#) [PubMed](#)
50. Liu X, Zhang S. COVID-19: face masks and human-to-human transmission. *Influenza Other Respir Viruses* 2020;14(4):472–3. [DOI](#) [PubMed](#)
51. Agence de la santé publique du Canada. Centre de collaboration nationale des méthodes et outils. Revue rapide sur l'utilisation du couvre-visage pour prévenir la propagation de la COVID-19 en milieu communautaire, mise à jour 1. Ottawa (ON) : ASPC; 2020 (accédé 2020-12-05). <https://www.nccmt.ca/fr/covid-19/covid-19-revues-rapides/246>
52. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, Tamin A, Harcourt JL, Thornburg NJ, Gerber SI, Lloyd-Smith JO, de Wit E, Munster VJ. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020;382(16):1564–7. [DOI](#) [PubMed](#)
53. James A, Eagle L, Phillips C, Hedges DS, Bodenhamer C, Brown R, Wheeler JG, Kirking H. High COVID-19 attack rate among attendees at events at a church—Arkansas, March 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69(20):632–5. [DOI](#) [PubMed](#)
54. Ong SW, Tan YK, Chia PY, Lee TH, Ng OT, Wong MS, Marimuthu K. Air, surface environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *JAMA* 2020;323(16):1610–2. [DOI](#) [PubMed](#)
55. Arrow KJ. A difficulty in the concept of social welfare. *J Polit Econ* 1950;58(4):328–46. [DOI](#)
56. Gibbard A. Manipulation of voting schemes: a general result. *Econom Soc*. 1973;41(4):587–601. <https://www.jstor.org/stable/1914083>
57. Mallows CL. Non-null ranking models. I. *Biometrika* 1957;44(1/2):114–30. [DOI](#)



Appendice

A1 : Ordres de classement et modèles de Mallows généralisés

Imaginons que nous disposions d'un ensemble de N classements sur n choix. Dans notre cas, N représente le nombre d'experts et n désigne les critères (éléments). Il s'agit donc de trouver le classement consensuel parmi les experts, qui concorde le mieux avec les N classements proposés par les experts.

Le classement consensuel trouve une application dans l'analyse du bien-être social. En 1950, Kenneth Arrow a montré (55) que si un organe de décision se compose d'au moins deux membres ayant au moins trois options à choisir, il est impossible de concevoir une fonction de bien-être social qui satisfasse simultanément toutes les exigences raisonnables d'un système équitable :

- Si chaque électeur préfère l'option X à l'option Y, alors le groupe préfère X à Y
- Si la préférence de chaque électeur entre X et Y demeure inchangée, la préférence du groupe entre X et Y restera également inchangée (même si les préférences des électeurs entre d'autres paires comme X et Z, Y et Z, ou Z et W changent)
- Il n'y a pas de dictateur : aucun électeur ne possède le pouvoir de toujours déterminer la préférence du groupe

Le théorème d'impossibilité d'Arrow comporte plusieurs conditions techniques dans son énoncé formel (voir section A3) qui définit le système « équitable ». Bien que le théorème nous dise qu'il n'existe aucun système de vote préférentiel déterministe qui satisfasse aux exigences techniques d'équité, dans la pratique, tous les systèmes ne fonctionnent pas mal en tout temps. Le théorème d'impossibilité trouve une application dans l'étude des systèmes de scrutin et des résultats importants peuvent être trouvés dans (14,56).

Les classements consistent en des bijections de l'ensemble des entiers $\{1,2,3, \dots, n\}$ sur eux-mêmes. Nous désignerons les classements par les symboles π et σ . Par exemple, le classement $\pi = \{2,4,1,3\}$ signifie que l'élément 1 est classé en deuxième position, que nous désignons par $\pi(1) = 2$; l'élément 2 est classé en quatrième position, $\pi(2) = 4$. Chaque classement a un inverse π^{-1} qui présente les éléments en termes de classes : $\pi \cdot \pi^{-1} = e = \{1,2,3, \dots, n\}$. Compte tenu d'un ensemble de classements, nous aimeraisons trouver le centre ou le consensus de l'ensemble sur une certaine mesure de distance entre les classements. Il existe de nombreuses mesures de distance pour les classements, mais dans cet article, nous nous concentrerons sur deux des plus populaires, la distance de Kendall et la distance de Hamming. Pour toute mesure de distance $d(\cdot, \cdot)$, nous avons $d(\sigma, \pi) = d(\sigma\pi^{-1}, e)$. Lorsque le classement de référence est le classement d'identité e , nous utilisons la notion $d(\sigma, e) = d(\sigma)$.

La distance de Kendall entre deux classements π et σ est définie par,

Équation 1 :

$$d_k(\pi, \sigma) = \sum_{\substack{l < j \\ \pi}} 1 \left[j \underset{\sigma}{\preceq} l \right]$$

La notation $l \underset{\pi}{\prec} j$ signifie que l'élément l précède j dans le classement π . La distance de Kendall compte le nombre de divergences par paire entre les classements. Avec n éléments, la plus grande distance de Kendall entre deux classements est $n(n-1)/2$. D'autre part, la distance de Hamming $d_h(\pi, \sigma)$ compte le nombre de positions en désaccord entre deux classements,

Équation 2 :

$$d_k(\pi, \sigma) = \sum_{j=1}^n 1 [\pi(j) \neq \sigma(j)]$$

Ainsi, la distance de Hamming prend des valeurs comprises entre 2 et n inclusivement. Les mesures de distance de Kendall et de Hamming ont la propriété importante de pouvoir être décomposées en une somme sur les termes $n-1$ et n respectivement,

Équation 3

$$d_k(\pi, \sigma) = \sum_{j=1}^{n-1} V_j(\pi\sigma^{-1}),$$

$$d_h(\pi, \sigma) = \sum_{j=1}^n H_j(\pi\sigma^{-1}),$$

où

Équation 4 :

$$V_j(\sigma) = \sum_{l > j} 1 [l \underset{\sigma}{\prec} j],$$

Équation 5 :

$$H_j(\sigma) = \begin{cases} 0, & \text{iff } \sigma(j) = j, \\ 1, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Étant donné une mesure pour calculer les distances entre les classements, nous pouvons développer une mesure de probabilité sur l'espace. Le modèle de Mallows (14) est



un modèle exponentiel de probabilité de localisation sur les classements, défini par un classement central, σ_0 , et un paramètre de dispersion, θ , à savoir,

Équation 6 :

$$P(\pi) = \frac{e^{-\theta d_{k,h}(\pi, \sigma_0)}}{\psi(\theta)},$$

où $\psi(\theta)$ est une constante de normalisation. En un sens, le modèle de Mallows est l'application de la distribution gaussienne aux classements. Lorsque $\theta > 0$, le classement σ_0 est le mode de distribution—the consensus—and à mesure que θ augmente, la distribution présente un pic plus prononcé autour de σ_0 . Si $\theta > 0$, σ_0 devient l'anti-mode.

Nous voyons que dans le modèle de Mallows, tous les classements ayant la même distance par rapport à σ_0 sont dégénérés en probabilité. Avec des mesures de distance qui se décomposent en une somme comme celles de l'équation 3, nous pouvons briser la dégénérescence en attachant θ_j à chaque composant de la somme (57). Pour la distance de Kendall et de Hamming, le modèle de Mallows se généralise au moyen de mesures de divergence

Équation 7 :

$$d_k(\pi, \pi_0; \Theta) = \sum_{j=1}^{n-1} \theta_j V_j(\pi \pi_0^{-1}),$$

$$d_h(\pi, \pi_0; \Theta) = \sum_{j=1}^n \theta_j H_j(\pi \pi_0^{-1}),$$

de telle sorte que

Équation 8 :

$$P(\pi) = \frac{e^{d_{k,h}(\pi, \sigma_0; \Theta)}}{\psi(\theta)},$$

où $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots)$. Le classement central σ_0 et θ peut être estimé par le maximum de vraisemblance ou d'autres techniques approximatives.

La valeur de $V_j(\sigma)$ dans l'équation 3 donne le nombre d'éléments de $j+1:n$ qui sont classés avant j dans σ . Par conséquent, les paramètres θ_j reflètent la force d'un classement autour du consensus $\sigma_0(j) = i$ en ce sens que plus θ_j est grand, plus la probabilité que $\pi(j) \leq i$ est grande. En d'autres termes, un grand θ_j dans le modèle de Mallows généralisé avec la distance de Kendall suppose que l'élément j se classe dans les i premières positions avec une forte probabilité dans tous les classements. De même, $H_j(\sigma)$ de la distance de Hamming compte les

écart de rang. Ainsi, le paramètre θ_j correspond à la force du consensus au rang j ; un grand θ_j suppose un accord élevé sur l'élément au j -ième rang.

A2 : Paramètres de Hamming

Pour mieux voir la force du consensus dans les classements entre les éléments, les paramètres de Hamming θ_j contre l'entropie croisée du classement d'un critère sont présentés dans la figure A1. L'entropie croisée mesure la quantité d'impureté dans les rangs,

$$e_j = - \sum_{i=1}^{15} p_{ij} \log(p_{ij})$$

où j est l'étiquette de l'élément, i désigne le rang, et p_{ij} donne la probabilité du i -ième rang pour l'élément j . Les critères dont la dispersion des rangs est importante présentent une forte entropie croisée. Les paramètres de Hamming θ_j mesurent également la force du consensus à un rang donné. La figure A1 montre que les critères se séparent en trois groupes de base avec un consensus croissant apparaissant vers le coin sud-est du graphique. Selon le modèle de Hamming, l'accord est particulièrement fort entre les répondants sur les critères de rang 1, 2 et 15.

Figure A1 : Distances de Kendall et de Hamming pour le classement de chaque répondant par rapport aux classements du modèle de Mallows généralisé

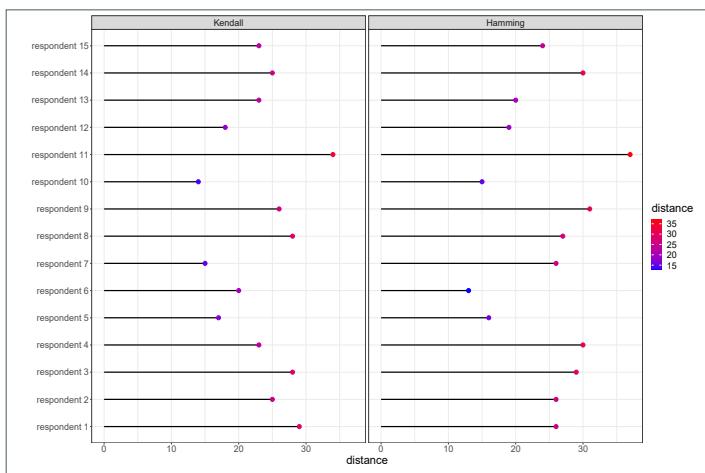


Figure en anglais seulement

A3 : Conditions formelles du théorème d'impossibilité d'Arrow

Supposons qu'on nous demande d'extraire un ordre de préférence sur un ensemble donné d'options pour la société. Chaque personne fournit un ordre de préférence sur l'ensemble des résultats. Nous souhaitons un système de scrutin électoral par classement, la règle d'agrégation des préférences ou



fonction de bien-être social, qui transforme l'ensemble des préférences en un ordre de préférence sociétal global unique. Selon le théorème d'Arrow, s'il y a au moins deux membres dans la société et au moins trois options parmi lesquelles décider, alors il est impossible de concevoir une règle d'agrégation des préférences qui satisfasse toutes les conditions ci-dessous à la fois (conditions censées définir un « système équitable ») :

- **Non-dictature** : La fonction de bien-être social doit tenir compte des souhaits de tous les électeurs
- **Domaine sans restriction, ou universalité** : Chaque ensemble de préférences individuelles des électeurs devrait produire un classement unique et complet des choix de société à partir de la fonction de bien-être social. Ainsi :
 - o Il doit aboutir à un classement complet des préférences de la société
 - o Il doit être déterministe; chaque fois que les préférences sont présentées de la même manière, la fonction de bien-être génère le même ordre de préférence sociétal

- **Indépendance des options non pertinentes (IONP)** : La préférence sociale entre deux choix ne devrait dépendre que des préférences individuelles entre les changements dans le classement des options non pertinentes ne devraient pas avoir d'impact sur le classement sociétal
- **Monotonie, ou association positive des valeurs sociales et individuelles** : Si une personne modifie l'ordre de préférence en promouvant un choix, alors l'ordre de préférence sociétal devrait soit promouvoir ce même choix dans le nouveau classement, soit le laisser à la même position. Une personne ne devrait pas pouvoir pénaliser un choix en augmentant sa préférence
- **La non-imposition, ou souveraineté citoyenne** : Chaque ordre de préférence sociétal possible devrait être réalisable par un ensemble de préférences individuelles

Voulez-vous devenir pair examinateur?

Communiquez avec l'équipe de rédaction du RMTC :
ccdr-rmtc@phac-aspc.gc.ca