



ÉQUITÉ, DIVERSITÉ ET INCLUSION EN SANTÉ PUBLIQUE

APERÇU

Vaccination des enfants dans
les quartiers marginalisés

464

APERÇU

Analyse du milieu lié aux
programmes de VIH et hépatite C

468

SCIENCE DE LA MISE EN ŒUVRE

Efficacité non pharmaceutique pour
réduire la transmission du SRAS-CoV-2

484

RMTC

RELEVÉ DES MALADIES TRANSMISSIBLES AU CANADA

Le *Relevé des maladies transmissibles au Canada* (RMTC) est une revue scientifique bilingue révisée par les pairs et en accès libre publié par l'Agence de la santé publique du Canada (ASPC). Il fournit des informations pratiques et fiables aux cliniciens et aux professionnels de la santé publique ainsi qu'aux chercheurs, aux décideurs politiques, aux enseignants, aux étudiants et aux autres personnes qui s'intéressent aux maladies infectieuses.

Le comité de rédaction du RMTC est composé de membres en provenance du Canada, des États-Unis, de l'Union européenne et de l'Australie. Les membres du conseil sont des experts reconnus dans le monde entier et actifs dans les domaines des maladies infectieuses, de la santé publique et de la recherche clinique. Ils se rencontrent quatre fois par année et fournissent des avis et des conseils à le rédacteur scientifique en chef du RMTC.

Bureau de la rédaction

Rédacteur scientifique en chef

Michel Deilgat, CD, BA, MD, MPA, MEd, MIS (c), CCPE

Éditrice exécutive

Alejandra Dubois, BSND, MSc, PhD

Éditeurs scientifiques adjoints

Rukshanda Ahmad, MBBS, MHA
Julie Thériault, Inf. aut., BSInf, MSc (santé publique)
Peter Uhthoff, BASc, MSc, MD

Gestionnaire de la rédaction (intérimaire)

Laura Rojas Higuera

Responsable de la production

Katy Keeler, BA (Hon.)

Gestionnaire de contenu Web

Joshua Hachey, DEC

Révisseurs

Pascale Salvatore, BA (Trad.)
Laura Stewart-Davis, PhD

Conseillère en communications

Maya Bugorski, BA, BSocSc

Analyste des politiques

Maxime Boucher, PhD

Conseillère en matière des Premières Nations et des Autochtones

Sarah Funnell, BSc, MD, MPH, CCFP, FRCPC

Rédactrices juniors

Brittany Chang-Kit, BMSc, MD (C)
Lucie Pélaja, (Hon.) BSc (Psy), MSc (HS) (C)

Répertorié

dans PubMed, Directory of Open Access (DOAJ)/Medicus

Disponible

dans PubMed Central (texte entier)

Contactez-le bureau de la rédaction

ccdr-rmtc@phac-aspc.gc.ca
613.301.9930

Référence photographique

La photo de couverture représente la diversité avec des personnes réunies côte à côte. L'équité, la diversité et l'inclusion en santé publique et la justice sociale sont des objectifs importants. Cette image provient d'[Adobe Stock #501699487](#).

Membre du comité de rédaction du RMTC

Heather Deehan, RN, BScN, MHSc
Centre du vaccin, Division des approvisionnements UNICEF
Copenhague, Danemark

Jacqueline J Gindler, MD
Centre de prévention et de contrôle des maladies Atlanta, États-Unis

Rahul Jain, MD, CCFP, MScCH
Department of Family and Community Medicine, University of Toronto and Sunnybrook Health Sciences Centre
Toronto, Canada

Jennifer LeMessurier, MD, MPH
Santé publique et médecine familiale, Université d'Ottawa, Ottawa, Canada

Caroline Quach, MD, MSc, FRCPC, FSHEA
Microbiologiste-infectiologue pédiatrique, Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine et Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

Kenneth Scott, CD, MD, FRCPC
Médecine interne et maladies infectieuses (adultes)
Groupe des Services de santé des Forces canadiennes (retraité)
Agence de la santé publique du Canada (retraité), Ottawa, Canada



TABLE DES MATIÈRES

APERÇU

Vaccination des enfants dans les quartiers marginalisés : défis liés à l'équité et à la diversité dans le cadre des campagnes de vaccination contre la COVID-19	464
<i>C Rousseau, C Quach, È Dubé, A Vanier-Clément, T Santavica, L Monnais-Rousselots</i>	

Résumé d'une analyse du milieu des programmes, des projets et des initiatives liés au VIH et à l'hépatite C en Saskatchewan	468
<i>M Cheekireddy, C Madampage, C Hammond, L Helico, A King</i>	

RAPPORT D'ENQUÊTE

Enquête transversale sur la prévalence des facteurs de risque et du VIH chez les Africains, les Caribéens et les Noirs en Ontario : l'étude A/C	474
<i>L Mbuagbaw, W Husbands, S Baidooobonso, D Lawson, M Aden, J Etowa, LR Nelson, W Tharao</i>	

SCIENCE DE LA MISE EN ŒUVRE

Efficacité des interventions non pharmaceutiques pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2 au Canada et leur association avec les taux d'hospitalisation relatifs à la COVID-19	484
<i>EE Rees, BP Avery, H Carabin, CA Carson, Da Champredon, S de Montigny, B Dougherty, BR Nasri, NH Ogden</i>	

Modélisation de la transmission de la COVID-19 à l'aide d'IDSIM, une application de bureau de modélisation épidémiologique dotée de capacités d'immunisation à plusieurs niveaux	496
<i>E Nichita, M-A Pietrusiak, F Xie, P Schwanke, A Pandya</i>	

ÉCLOSION

Tendances démographiques de l'exposition à une écloison de COVID-19 et de la transmission de cas dans une communauté rurale canadienne, 2020	512
<i>K Patterson, M Chalifoux, R Gad, S Leblanc, P Paulsen, L Boudreau, T Mazerolle, M Pâquet</i>	

SUREVEILLANCE

Rapport annuel national sur la grippe, Canada, 2021–2022 : une épidémie de grippe brève et tardive	520
<i>S Buckrell, M Ben Moussa, T Bui, A Rahal, K Schmidt, L Lee, N Bastien, C Bancej</i>	

Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines, Canada, 2021	532
<i>ER Thompson, M El Jaouhari, N Eltayeb, C Abalos, M Striha, R Edjoc, C Ayoo, S Bonti-Ankomah</i>	

LETTRE OUVERTE

La logique circulaire et la modélisation imparfaite compromettent les conclusions de l'article sur les interventions non pharmaceutiques	541
<i>J Grant, M Fulford, R Schabas</i>	

Réponse du rédacteur scientifique en chef	544
<i>M Deilgat</i>	



Vaccination des enfants dans les quartiers marginalisés : défis liés à l'équité et à la diversité dans le cadre des campagnes de vaccination contre la COVID-19

Cécile Rousseau^{1*}, Caroline Quach², Ève Dubé³, Anabelle Vanier-Clément⁴, Tara Santavicca⁴, Laurence Monnais-Rousselots²

Résumé

La pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) a exacerbé les inégalités sociales dans les aspects ethniques, raciaux et socio-économiques, avec d'importantes conséquences nocives pour les enfants. En s'appuyant sur les leçons tirées des initiatives communautaires, le présent commentaire propose une réflexion sur les défis de l'équité, de la diversité et de l'inclusion qui sont intégrés dans les campagnes de vaccination des enfants dans un contexte d'urgence. Nous sommes d'avis que la mise en place de pratiques équitables et inclusives liées à la vaccination des enfants des communautés marginalisées est un défi à multiples facettes. Au-delà des bonnes intentions (vouloir protéger les enfants), les risques et les avantages associés à la mise en évidence de la diversité dans chaque intervention doivent être soigneusement examinés, surtout en ce qui concerne une procédure contestée ou polarisée, comme la vaccination avec un nouveau type de vaccin. Souvent, une approche unique réfute et perpétue les inégalités structurelles. Dans d'autres cas, la mise en évidence de la diversité et des inégalités peut par inadvertance accroître la stigmatisation et la discrimination, et nuire davantage ou infantiliser les collectivités ciblées. En offrant des perspectives multiples, une approche transdisciplinaire peut appuyer la prise de décision dans un contexte de crise.

Citation proposée : Rousseau C, Quach C, Dubé E, Vanier-Clément A, Santavicca T, Monnais-Rousselots L. Vaccination des enfants dans les quartiers marginalisés : défis liés à l'équité et à la diversité dans le cadre des campagnes de vaccination contre la COVID-19. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(10): 464–7. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a01f>

Mots-clés : santé et médecine des adolescents, services de santé communautaires, santé des minorités, équité et inclusion

Introduction

La pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) a exacerbé les inégalités sociales dans les aspects ethniques, raciaux et socio-économiques, avec d'importantes conséquences nocives pour les enfants. Dans les quartiers marginalisés, ces inégalités structurelles et sociales convergent (1). Alors que la priorité était mise sur la limitation de la transmission virale au moyen de la vaccination et des interventions non pharmacologiques comme la distanciation physique et le confinement, l'environnement des familles et des enfants était fragilisé (2–6). À Montréal, au Canada, les enfants des ménages à faible revenu, des groupes racialisés et des familles nées à l'extérieur du Canada étaient moins susceptibles d'accepter la vaccination contre la COVID-19; et les adolescents des quartiers

les plus défavorisés étaient moitié moins susceptibles de se faire vacciner contre la COVID-19 que leurs pairs des quartiers les moins défavorisés (7).

À Montréal, un programme transdisciplinaire visant à atténuer les inégalités liées à la pandémie et les tensions sociales connexes, Programme CoVivre – Institut universitaire SHERPA (8–10), a mis au point trois initiatives pour relever les défis liés à la campagne de vaccination de masse qui a débuté en décembre 2020 : 1) la production d'un guide pour traiter des différences ethnoraciales dans l'hésitation à se faire vacciner; 2) la mise au point d'outils pour réduire les tensions sociales et l'intimidation associées à la campagne de vaccination des adolescents de 12 à 17 ans dans

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



Affiliations

¹ Université McGill, Montréal, QC

² Université de Montréal, Montréal, QC

³ Institut national de santé publique du Québec, Montréal, QC

⁴ CIUSSS-Centre-Ouest-de-l'île-de-Montréal - CoVivre, Montréal, QC

*Correspondance :

cecile.rousseau@mcgill.ca



les écoles et dans les quartiers multiethniques défavorisés sur le plan socio-économique; et 3) la mise au point d'outils pour répondre à l'hésitation des parents par rapport à l'immunisation de leurs enfants de 5 à 11 ans. Ces initiatives visaient à transférer des renseignements et à amortir les conflits alimentés par le sens symbolique de la vaccination infantile dans différentes communautés confessionnelles et ethnoraciales, mais aussi dans la majorité où divers groupes s'opposaient à la vaccination.

Toutes ces interventions ont réuni diverses compétences disciplinaires (pédiatrie, santé mentale des enfants, anthropologie et anthropologie), pour appuyer la production rapide d'outils dans un contexte de crise. En se fondant sur les leçons tirées de ces initiatives, le présent document vise à lancer une réflexion sur les défis de l'équité, de la diversité et de l'inclusion dans un contexte d'urgence en santé publique, afin de préserver, autant que possible, le bien-être des enfants. Plus précisément, nous soulevons les questions suivantes : Dans quelle mesure les programmes liés à la vaccination devraient-ils aborder directement à la diversité? Quels sont les avantages et les risques possibles de la stigmatisation lorsqu'on met en évidence la vulnérabilité des communautés minoritaires face aux répercussions directes ou indirectes de la pandémie? Exposant la justification sous-jacente aux voies d'action choisies pour ces trois initiatives, nous proposons qu'une approche transdisciplinaire peut jouer un rôle clé pour éclairer les mesures lorsque des décisions complexes doivent être prises rapidement.

S'attaquer aux dimensions culturelles, sociales et historiques de l'hésitation à se faire vacciner

L'élaboration d'un guide pour traiter des différences ethnoraciales dans l'hésitation à se faire vacciner découle de la nécessité de tenir compte du contexte et de la culture pour améliorer la confiance envers le vaccin (11,12). L'objectif était de sensibiliser les praticiens à l'incidence des expériences collectives historiques (e.g. abus et expérimentation médicale sur les communautés afro-américaines et autochtones) et actuelles de l'oppression sur la perception de l'action institutionnelle, d'améliorer la sécurité culturelle et d'établir un dialogue respectueux sur la vaccination avec les communautés.

Ce processus bien intentionné a rapidement révélé les problèmes associés à la simplification excessive des communautés très hétérogènes (comme les communautés d'Asie, d'Afrique, des Caraïbes, de foi et des Premières Nations), et les risques associés aux stéréotypes et à la stigmatisation. Les perspectives historiques et en sciences et sociales de l'équipe nous ont aidés à contextualiser un vaste éventail de discours et d'attitudes. En partenariat avec les intervenants des communautés, ces diverses perspectives nous ont permis de choisir les moyens de représenter la diversité, tout en mettant

en garde contre une utilisation normalisée des outils. On a également souligné l'importance de recueillir des données locales pour élaborer une intervention sur mesure.

Les écoles au cœur de la tempête : campagnes de vaccination des jeunes

En juin 2021, au lancement de la vaccination des jeunes entre 12 et 17 ans, la fracture entre pro et anti-vaccination au Québec s'est accentuée, avec des menaces, des protestations et des agressions envers les équipes de vaccination dans les écoles. Le personnel des écoles et les parents étaient divisés, et l'intimidation des pairs à propos des décisions de vaccination est devenue un problème inquiétant. Cela a alimenté la peur dans les quartiers multiethniques, mettant en péril le caractère protecteur des écoles comme espaces sûrs d'apprentissage et d'inclusion, les jeunes refusant d'aller à l'école tandis que d'autres adopteraient une position plus provocatrice en réponse à la division de la communauté des adultes. Afin d'atténuer l'incidence de ces tensions et de rétablir un sentiment de communauté, l'équipe du Programme CoVivre a commencé à élaborer des outils pour le personnel scolaire et les parents.

Même si Montréal était surreprésentée parmi les non-vaccinés par les enfants issus de minorités et les enfants défavorisés sur le plan socio-économique, nous avons décidé de mettre au point des outils qui ne mettaient pas l'accent sur la diversité, afin de rallier la majorité à la préservation d'un climat scolaire protecteur sans stigmatiser les minorités. Cette décision était fondée sur une évaluation de la dynamique sociale et comprenait la contribution d'un spécialiste des maladies infectieuses pédiatriques, afin de donner plus de crédibilité aux outils proposés. Dans le cas présent, l'équipe a estimé que, compte tenu du ton contradictoire du débat public, en soulignant la vulnérabilité des migrants et des collectivités ethnoraciales en matière d'hésitation à se faire vacciner, ils auraient pu être désignés comme boucs émissaires, parce que les personnes hésitantes étaient décrites comme égoïstes ou même criminelles dans le discours majoritaire. Les outils ont été très bien reçus et diffusés dans l'ensemble des systèmes d'éducation et de santé.

Appuyer le processus décisionnel des parents au sujet de la vaccination de leurs enfants

En s'appuyant sur l'expérience acquise dans le cadre de la campagne de vaccination des adolescents, l'équipe a mis au point des outils supplémentaires qui fournissent des renseignements médicaux, légitiment l'hésitation à se faire vacciner comme un processus sain et appuient la décision des parents concernant la vaccination de leurs jeunes enfants (âgés de 5 à 11 ans).



Compte tenu du manque de données disponibles à l'époque (13), l'équipe s'est appuyée sur ses experts médicaux pour inclure des renseignements à jour et nuancés à l'appui du consentement éclairé des parents. Rapidement, des questions se sont posées sur le niveau d'alphabétisation et la traduction des outils produits. L'équipe a cerné un dilemme important. D'une part, la transmission de renseignements relativement complexes était considérée comme un processus d'exclusion pour les parents ayant un niveau d'alphabétisation inférieur, même avec une traduction appropriée. D'autre part, une simplification excessive des renseignements, forcément biaisés par notre vision positive de la vaccination, pourrait être paternaliste, privant les parents d'une perspective plus globale. Dans l'impossibilité de résoudre ce problème, nous avons préconisé un processus en deux étapes dans lequel les brochures d'information complètes ont été traduites et distribuées, suivi d'une deuxième version qui doit être modifiée avec les intervenants communautaires et les parents de différents niveaux d'alphabétisation, afin de permettre aux communautés et aux parents de déterminer ce qu'ils considéraient comme des renseignements essentiels. L'équipe a également discuté du choix des meilleurs moyens de diffuser des renseignements tout en maximisant la confiance et la sensibilisation. Là encore, nous étions conscientes qu'avec plus de temps, les communautés auraient adapté les outils à leurs besoins et à leurs préoccupations (14). Malgré l'urgence, la diversité de l'équipe a permis de réfléchir à la nécessité de tenir compte de la diversité et de l'équité à chaque étape du processus.

Conclusion

La mise en place de pratiques équitables et inclusives liées de la vaccination des enfants des communautés marginalisées est un défi à multiples facettes (15). Au-delà des bonnes intentions (tout le monde veut protéger les enfants), il est nécessaire d'examiner attentivement les risques et les avantages associés à la mise en évidence de la diversité dans chaque intervention, surtout en ce qui concerne une procédure contestée ou polarisée comme la vaccination et un nouveau vaccin. Dans certains cas, comme on l'a fortement démontré pendant la pandémie actuelle, une approche universelle renie et perpétue les inégalités structurelles. Dans d'autres cas, la mise en évidence de la diversité et des inégalités (même lorsqu'elles sont réelles) peut par inadvertance accroître la stigmatisation et la discrimination, et nuire davantage ou infantiliser des communautés ciblées.

Selon notre expérience, dans ce processus, une perspective transdisciplinaire peut éclairer la prise de décisions, pendant une pandémie et au-delà. En offrant des perspectives différentes, parfois opposées ou complémentaires, cette approche permet d'agir rapidement sans remplacer la consultation communautaire. Elle appuie également la capacité d'approuver collectivement des choix difficiles dans un contexte où nous devons toujours nous rappeler que nos actions ont des conséquences multiples (et que celles-ci peuvent être nocives).

Déclaration des auteurs

C. R. — Conceptualisé, rédigé l'article initial, examiné et révisé l'article

C. Q. — Terminé, examiné et révisé, l'article, fourni des idées sur une discipline particulière

E. D. — Terminé, examiné et révisé, l'article, fourni des idées sur une discipline particulière

L. M. — Terminé, examiné et révisé, l'article, fourni des idées sur une discipline particulière

A. V.-C. — Coordonnateur des interventions communautaires, examen de l'article, renseignements sur le terrain

T. S. — Coordonnateur des interventions communautaires, examen de l'article, renseignements sur le terrain

Tous les auteurs ont approuvé l'article définitif comme il a été présenté et conviennent de rendre compte de tous les aspects du travail.

Le contenu et le point de vue exprimés dans le présent article sont ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux du gouvernement du Canada.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

La Fondation Trottier a financé le projet CoVivre.

Références

1. Newman PA, Reid L, Tepjan S, Fantus S, Allan K, Nyoni T, Guta A, Williams CC. COVID-19 vaccine hesitancy among marginalized populations in the U.S. and Canada: Protocol for a scoping review. *PLoS One* 2022;17(3):e0266120. DOI
2. World Health Organization. Health inequity and the effects of COVID-19: assessing, responding to and mitigating the socioeconomic impact on health to build a better future. Geneva, CH: WHO; 2020. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/338199>
3. Hillis SD, Unwin HJT, Chen Y, Cluver L, Sherr L, Goldman PS, Ratmann O, Donnelly CA, Bhatt S, Villaveces A, Butchart A, Bachman G, Rawlings L, Green P, Nelson CA 3rd, Flaxman S. Global minimum estimates of children affected by COVID-19-associated orphanhood and deaths of caregivers: a modelling study. *Lancet* 2020;398(10298):391–402. DOI



4. Marron JM. Structural Racism in the COVID-19 Pandemic: Don't Forget about the Children! *Am J Bioeth* 2021;21(3):94–7. [DOI](#)
5. Miconi D, Li ZY, Frounfelker RL, Santavicca T, Cénat JM, Venkatesh V, Rousseau C. Ethno-cultural disparities in mental health during the COVID-19 pandemic: a cross-sectional study on the impact of exposure to the virus and COVID-19-related discrimination and stigma on mental health across ethno-cultural groups in Québec (Canada). *BJPsych Open* 2020;7(1):e14. [DOI](#)
6. Rousseau C, Miconi D. Protecting Youth Mental Health During the COVID-19 Pandemic: A Challenging Engagement and Learning Process. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2020;59(11):1203–7. [DOI](#)
7. McKinnon B, Quach C, Dubé È, Tuong Nguyen C, Zinszer K. Social inequalities in COVID-19 vaccine acceptance and uptake for children and adolescents in Montréal, Canada. *Vaccine* 2021;39(49):7140–5. [DOI](#)
8. El-Majzoub S, Narasiah L, Adrien A, Kaiser D, Rousseau C. Negotiating Safety and Wellbeing: The Collaboration Between Faith-Based Communities and Public Health During the COVID-19 Pandemic. *J Relig Health* 2021;60(6):1–15. [DOI](#)
9. Santavicca T, Rousseau C, Vanier-Clément A. Preventing and Appeasing COVID-19 Vaccine Tension in Schools to Protect the Well-Being of Children and Adolescents in Québec, Canada. *International Journal of Child and Adolescent Resilience*. À venir
10. Schinazi J, Santavicca T, Ngov C, Vanier-Clément A, Gamdo Touré A, Bolduc E, Rousseau C. The CoVivre Program: Community Development and Empowerment to address the Inequalities exacerbated by the COVID-19 Pandemic in the Greater Montréal Area, Canada. *Journal of Humanistic Psychology*. À venir
11. Kadambari S, Vanderslott S. Lessons about COVID-19 vaccine hesitancy among minority ethnic people in the UK. *Lancet Infect Dis* 2021;21(9):1204–6. [DOI](#)
12. Razai MS, Osama T, McKechnie DGJ, Majeed A. Covid-19 vaccine hesitancy among ethnic minority groups. *BMJ* 2021;372:n513. [DOI](#)
13. Zimmermann P, Curtis N. Why is COVID-19 less severe in children? A review of the proposed mechanisms underlying the age-related difference in severity of SARS-CoV-2 infections. *Arch Dis Child* 2020:archdischild-2020-320338. [DOI](#)
14. Wilkinson A. Local response in health emergencies: key considerations for addressing the COVID-19 pandemic in informal urban settlements. *Environ Urban* 2020;32(2): 503–22. [DOI](#)
15. Généreux M, David MD, O'Sullivan T, Carignan MÈ, Blouin-Genest G, Champagne-Poirier O, Champagne É, Burlone N, Qadar Z, Herbosa T, Hung K, Ribeiro-Alves G, Arruda H, Michel P, Law R, Poirier A, Murray V, Chan E, Roy M. Communication strategies and media discourses in the age of COVID-19: an urgent need for action. *Health Promot Int* 2021;36(4):1178–85. [DOI](#)



Résumé d'une analyse du milieu des programmes, des projets et des initiatives liés au VIH et à l'hépatite C en Saskatchewan

Meghana Cheekireddy¹, Claudia Madampage¹, Chad Hammond¹, Linda Chelico², Alexandra King^{1*}

Résumé

Contexte : En 2019, les taux de diagnostic du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et de l'hépatite C (VHC) en Saskatchewan étaient environ le double du taux national. Pour remédier à ces niveaux élevés, le réseau de la santé a créé Saskatchewan Stories, une base de données numérique communautaire gratuite d'accès visant à rendre les informations sur les programmes, les projets et les initiatives (PPI) de la Saskatchewan en matière de VIH et de VHC facilement disponibles. Pour commencer à remplir cette base de données, nous avons effectué une analyse du milieu représentant les PPI sur le VIH et le VHC du 1^{er} janvier 1980 au 31 mai 2020.

Méthodes : MedLine, ERIC, ProQuest One Literature, base de données sur la santé publique, SCOPUS et CINAHL ont fait l'objet de recherches pour trouver des articles sur le VIH et le VHC. De plus, on a cherché des articles sur le VIH dans l'EMBSE (Ovid) et dans la Bibliography of Native North Americans, et on a cherché des articles sur le VHC dans le portail d'études autochtones (iPortal). Les sites Web de Google Canada, du gouvernement de la Saskatchewan et du gouvernement du Canada ont également été consultés.

Résultats : Au total, 139 PPI spécifiques au VIH et 29 PPI spécifiques au VHC ont été trouvés dans l'analyse du milieu (n = 168). Parmi les PPI liés au VIH, 27 % (n = 38) provenaient de la littérature scientifique, tandis que 73 % (n = 101) provenaient de la littérature grise. Parmi les PPI liés au VHC, 41 % (n = 12) provenaient de la littérature scientifique, tandis que 59 % (n = 17) provenaient de la littérature grise. Le VIH représentait 83 % de tous les PPI, contre 17 % pour le VHC.

Conclusion : Cette analyse du milieu est une contribution importante à la pratique et à la recherche fondées sur des données probantes en Saskatchewan. L'élaboration de nouveaux PPI fondés sur des données probantes est particulièrement utile pour les organisations, les chercheurs et les décideurs, notamment pour obtenir du financement, ainsi que pour soutenir les personnes et les collectivités de la Saskatchewan affectées par le VIH et le VHC.

Citation proposée : Cheekireddy M, Madampage C, Hammond C, Chelico L, King A. Résumé d'une analyse du milieu des programmes, des projets et des initiatives liés au VIH et à l'hépatite C en Saskatchewan. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2022;48(10):468–73. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a02f>

Mots-clés : VIH, VHC, Saskatchewan, projets, programmes, initiatives, santé des Autochtones, culture autochtone

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



Affiliations

¹ Groupe de recherche sur le bien-être des autochtones pewasewskwan, Collège de médecine, Université de la Saskatchewan, Saskatoon, SK

² Biochimie, microbiologie et immunologie, Collège de médecine, Université de la Saskatchewan, Saskatoon, SK

*Correspondance :

alexandra.king@usask.ca



Introduction

Les taux provinciaux du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et du virus de l'hépatite C (VHC) en Saskatchewan sont considérablement plus élevés que le taux national (1). En effet, selon de récents rapports provinciaux, le taux de diagnostic du VIH est plus de deux fois supérieur au taux national (16,4 pour 100 000 comparativement à 6,9 pour 100 000) (2), tandis que le taux de diagnostic du VHC est presque deux fois plus élevé que le taux national (52,5 pour 100 000 comparativement à 30,4 pour 100 000) (3). Ces deux maladies touchent de façon disproportionnée les collectivités autochtones de la Saskatchewan. Alors que les peuples autochtones représentent environ 16 % de la population de la Saskatchewan, ils représentent entre 60 % et 75 % des nouveaux cas de VIH et de VHC au cours d'une année donnée (1–4).

De nombreux organismes communautaires, organismes sans but lucratif, groupes de bénévoles, mentors pairs et autres organes de soutiens de la Saskatchewan offrent des services et du soutien aux clients autochtones et non autochtones. Ils favorisent également la santé et le bien-être par l'éducation et la diffusion d'information sur les infections transmissibles sexuellement et par le sang (5–8). Le projet Saskatchewan Stories (Sask Stories) visait à créer une base de données numérique des programmes, projets et initiatives (PPI) liés au VIH et au VHC qui ont eu lieu en Saskatchewan de 1980 à 2020.

La [base de données Sask Stories](#) est une plateforme vivante pour les intervenants, en particulier les fournisseurs de services de première ligne et les organismes communautaires, afin d'échanger des données probantes, des ressources et des pratiques prometteuses et avisées. Pour aider à remplir la base de données, nous avons effectué une analyse du milieu des PPI liés au VIH et au VHC publiés (littérature scientifique et littérature grise). Bien que cet article porte sur les résultats de l'analyse du milieu, nous recueillons actuellement des renseignements auprès des organismes communautaires au sujet des PPI qui n'ont pas été publiés en ligne. Ces deux processus sont complémentaires et ils permettront de brosser un tableau général des activités menées en Saskatchewan pour lutter contre le VIH et le VHC au cours des 40 dernières années.

Méthodes

Une analyse du milieu permet de recueillir des informations et de cerner les tendances dans un domaine particulier (e.g. soins et soutien liés au VIH/VHC), ce qui pourrait permettre d'élaborer un plan d'intervention pour les problèmes de santé urgents (9). Dans le cadre de notre analyse du milieu, nous avons utilisé une stratégie de recherche exhaustive en suivant les méthodes utilisées dans le cadre conceptuel de Choo pour l'analyse du milieu axée sur les besoins en informations, la recherche d'informations et l'utilisation des informations (10). L'analyse

portait à la fois sur la littérature scientifique et la littérature grise des PPI liés au VIH et au VHC du 1^{er} janvier 1980 au 31 mai 2020. L'analyse a été effectuée à l'été 2020.

Pour être inclus dans cette analyse, les études, les rapports et les informations sur le Web devaient répondre aux critères d'inclusion de terminologie suivants pour les PPI :

- Programmes : services fournis avec un groupe à une population distincte
- Projets : activités entreprises par un groupe avec une date de début et de fin définitives
- Initiatives : mesures à l'appui des programmes et des projets

Les projets comprenaient les critères d'inclusion suivants pour faciliter la présélection d'un PPI en vue d'un examen complet :

- Situé entièrement ou partiellement en Saskatchewan
- Portaient sur le VIH ou le VHC
- Disponible en anglais
- Ont eu lieu entre le 1^{er} janvier 1980 et le 31 mai 2020, y compris tout PPI en cours

Pour que la documentation soit incluse, elle devait respecter les limites suivantes :

- Cibler les personnes vivant avec le VIH/VHC ou à risque
- Texte complet
- Opérateurs booléens et filtres de recherche uniques à chaque base de données

Les dates de notre étude (1980 à 2020) ont permis de combler les lacunes sur les PPI liés au VIH et au VHC publié ou rapporté pendant l'épidémie de sida (des années 1980 au début des années 1990) et de la littérature scientifique et grise publiée dans son sillage.

À la suite de consultations avec les membres du Conseil consultatif communautaire (CCC) pour Sask Stories (notamment les organismes communautaires, les cliniciens, les personnes ayant une expérience vécue et les Aînés) et un bibliothécaire en sciences de la santé, une stratégie de recherche pour la collecte de documents scientifiques a été élaborée. La même stratégie de recherche a été appliquée pour le VIH et le VHC. Les bases de données consultées pour la documentation publiée étaient MedLine, ERIC, ProQuest One Literature, base de données sur la santé publique, SCOPUS et CINAHL. Les recherches pour des articles sur le VIH et le VHC ont été menées dans la Bibliography of Native North Americans, EMBASE (Ovid) et le portail d'études autochtones (iPortal). Google Canada, le [site Web du gouvernement de la Saskatchewan](#) et le [site Web du gouvernement du Canada](#) ont également été utilisés pour chercher de la littérature grise; seules les 10 premières pages



des résultats de recherche de Google ont été incluses aux fins d'examen étant donné que la pertinence par rapport au sujet recherché diminuait considérablement au-delà des 10 premières pages. Le sondage par boule de neige parmi les membres du CCC a servi à cerner d'autres organisations, organismes communautaires et services de santé qui soutenaient les personnes vivant avec le VIH et le VHC.

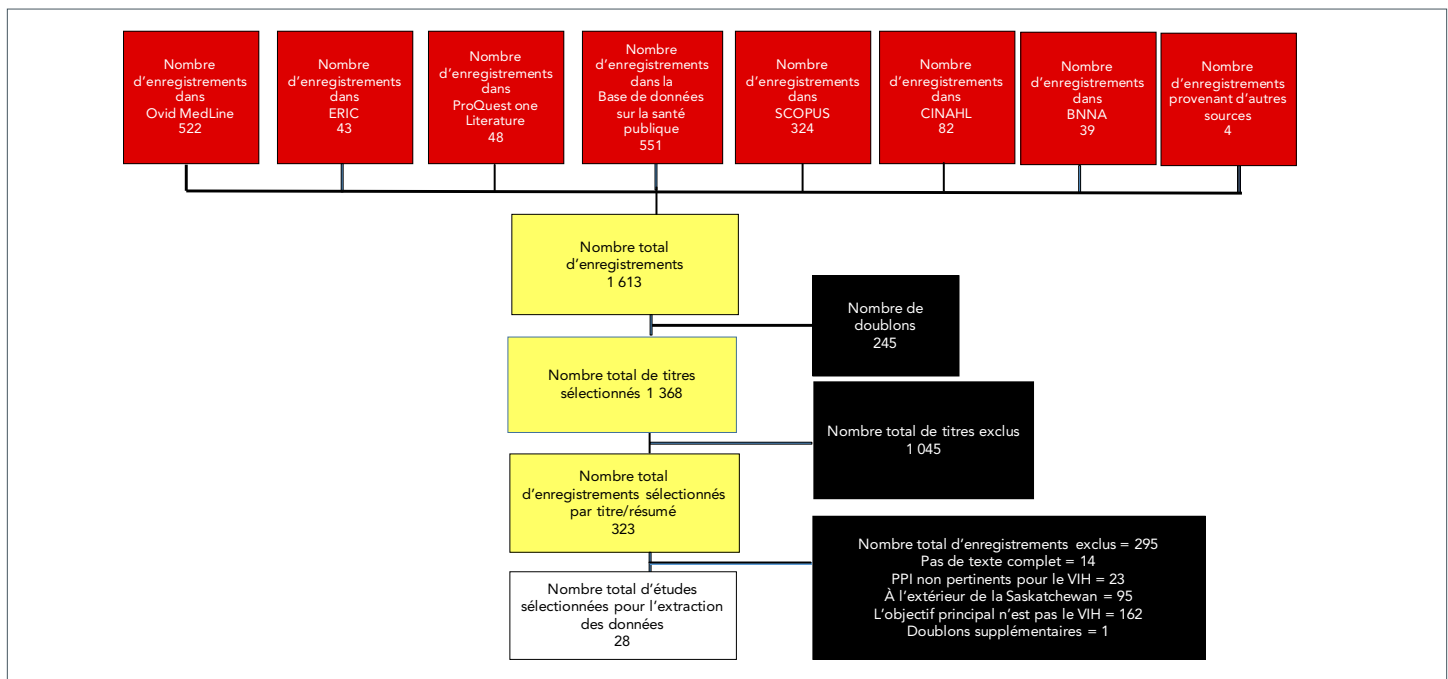
Cet article est un résumé du rapport d'analyse qui en résulte et il comprend les faits saillants des tendances et des variétés de PPI. Le rapport complet, notamment les détails de la méthodologie (y compris les termes de recherche) et toutes les données extraites des PPI, les données et la bibliographie annotée, se trouvent sur le site Web de Sask Stories.

Résultats

Littérature scientifique et littérature grise sur le VIH

Au total, 1 613 articles scientifiques ont été récupérés, dont 245 étaient des doublons. Les résumés des 1 368 articles restants ont été examinés en fonction des critères d'inclusion. De plus, 1 045 dossiers ont été exclus en fonction du titre et du résumé. Un examen et une extraction des données ont été envisagés pour 28 articles finaux en texte intégral (**figure 1**). Parmi ces 28 articles scientifiques, 38 PPI ont été recensés, ce qui comprend 23 projets, 9 programmes et 6 initiatives. La raison pour laquelle le nombre de PPI était plus élevé ($n = 38$) comparativement au nombre d'articles scientifiques ($n = 28$) était que certains articles faisaient référence à plus d'un PPI; par exemple, 17 PPI étaient indiqués comme des combinaisons multiples d'un projet, d'un programme ou d'une initiative dans un seul article (**tableau 1**).

Figure 1 : Graphique PRISMA de la recherche sur le virus de l'immunodéficience humaine



Abréviations : BNNA, Bibliography of Native North Americans; PRISMA, preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis; VIH, virus de l'immunodéficience humaine

Tableau 1 : Résultats des recherches pour les programmes, les projets et les initiatives de la littérature scientifique et de la littérature grise portant sur le virus de l'immunodéficience humaine et l'hépatite C^a

Domaine du PPI	Type de littérature	Total	Projets	Programmes	Initiatives	Non précisé
VIH	Littérature scientifique	38	23 ^b	9 ^b	6 ^b	0
	Littérature grise	101	18 ^b	31	51	1
VHC	Littérature scientifique	12	2	3	7 ^c	0
	Littérature grise	17	2 ^d	6	9	0

Abréviations : PPI, programmes, projets et initiatives; VHC, virus de l'hépatite C; VIH, virus de l'immunodéficience humaine

^a Résumé du [rapport final](#)

^b Certains programmes, projets et initiatives étaient à la fois un projet, un programme et une initiative

^c Deux sources ont mentionné la même initiative pour les ressources scientifiques (VHC)

^d Le même projet est mentionné dans deux rapports différents pour la littérature grise (VHC)



La recherche dans la littérature grise a relevé 101 PPI. Parmi ceux-ci, 18 étaient des projets, 31 étaient des programmes et 51 étaient des initiatives; cependant, l'un de ces projets n'a pas pu être classé comme programme, projet ou initiative en raison de renseignements incomplets (tableau 1). Des détails sur les résultats de l'analyse pour les PPI liés au VIH se trouvent dans le [rapport complet](#).

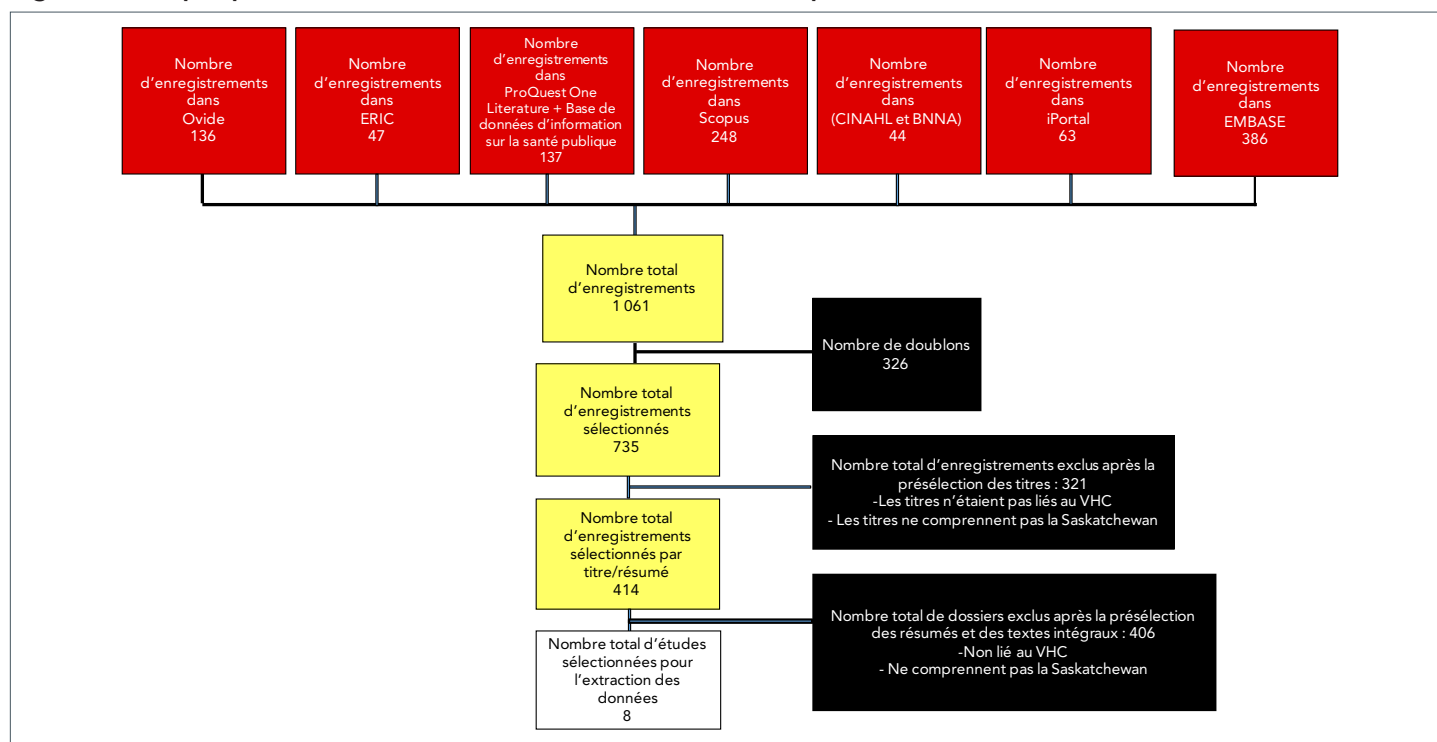
Littérature scientifique et littérature grise sur le VHC

La recherche scientifique dans la documentation sur le VHC a produit un total initial de 1 061 articles; 326 ont été retirés, car ils étaient présents en double et 406 ont été exclus parce qu'ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion. Enfin, huit articles en texte complet ont été envisagés pour l'extraction des données (**figure 2**). Douze PPI ont été recensés dans huit articles scientifiques, notamment deux projets, sept programmes et trois initiatives propres au VHC dans le contexte de la Saskatchewan (tableau 1).

Combinaison des résultats de l'analyse du VIH et du VHC pour les programmes, les projets et les initiatives trouvés dans la littérature scientifique et la littérature grise

Au total, 139 PPI spécifiques au VIH et 29 PPI spécifiques au VHC ont été relevés ($n = 168$). De ces PPI, 27 % ($n = 38$) et 41 % ($n = 12$) provenaient de la littérature scientifique, tandis que 73 % ($n = 101$) et 59 % ($n = 17$) provenaient de la littérature grise, respectivement pour le VIH et le VHC. Le VIH représentait 83 % de tous les PPI, et le VHC, 17 % (**tableau 2**). Les articles scientifiques ont été résumés dans une bibliographie annotée du rapport final.

Figure 2 : Graphique PRISMA de la recherche sur le virus de l'hépatite C



Abréviations : BNNA, Bibliography of Native North Americans; PRISMA, preferred reporting items for systematic reviews and meta-analysis; VHC, virus de l'hépatite C

Tableau 2 : Combinaison des résultats de l'analyse du VIH et du VHC pour les programmes, les projets et les initiatives trouvés dans la littérature scientifique et la littérature grise^a

Domaine du PPI	Total	Projets		Programmes		Initiatives		Non précisé	
		n	%	n	%	n	%	n	%
VIH (83 % des résultats totaux)	139	41	29 %	40	29 %	57	41 %	1	1 %
VHC (17 % des résultats totaux)	29	4	14 %	13	45 %	12	41 %	0	0 %

Abréviations : PPI, programmes, projets et initiatives; VHC, virus de l'hépatite C; VIH, virus de l'immunodéficience humaine

^aRésumé du [rapport final](#)



Discussion

Pour continuer à répondre aux besoins uniques des personnes vivant avec le VIH et le VHC, l'accès à l'information sur les PPI passés et en vigueur peut guider les organisations, les personnes et les communautés vers un meilleur accès aux soins. Ces connaissances peuvent être utilisées pour adapter ou élaborer de nouveaux PPI qui sont appropriés et propres au contexte des diverses collectivités de la Saskatchewan. L'accès à ces renseignements permet aux intervenants de cerner des pratiques prometteuses et avisées en fonction des données probantes dont ils disposent. Par exemple, certains PPI peuvent s'adapter aux besoins exprimés par la collectivité ou s'intégrer à une structure organisationnelle existante. L'adaptation fonctionne lorsque des interventions éprouvées sont intégrées dans la pratique ou lorsque des modèles appropriés fournissent une orientation systématique pour l'élaboration de PPI (11). Pour le profil épidémiologique unique de la Saskatchewan en matière de VIH, il est essentiel que des données probantes pertinentes appuient des PPI holistiques adaptées sur le plan culturel et tenant compte des traumatismes qui abordent le VIH, le VHC et les déterminants de la santé. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une analyse de l'environnement propre à une population, nous reconnaissons que le discours sur l'augmentation du fardeau de la maladie peut stigmatiser davantage les personnes et les collectivités autochtones. L'un des objectifs de notre analyse du milieu est d'honorer les efforts des collectivités et des organisations autochtones et non autochtones qui ont dirigé la conception et la mise en œuvre de divers PPI en Saskatchewan.

Cette analyse du milieu fournit une compilation de publications scientifiques et de littérature grise sur les PPI spécifiques au VHC et au VIH en Saskatchewan de 1980 à 2020. Il s'agit de la compilation la plus complète de la littérature scientifique et grise spécifique au VIH et au VHC en Saskatchewan. Nos résultats n'étaient pas inattendus en ce sens que, historiquement, il y a eu beaucoup plus de programmes axés sur le VIH que sur le VHC en Saskatchewan; cependant, nous savons également, grâce à nos consultations avec le CCC de Sask Stories, qu'il y a plusieurs autres PPI sur le VIH et le VHC, particulièrement dans les collectivités rurales, éloignées et autochtones, que celles que nous avons trouvées dans notre recherche. Cette situation peut s'expliquer par le fait que bon nombre de ces PPI n'ont pas été publiés dans la littérature scientifique ou la littérature grise et n'ont peut-être pas de présence en ligne ou numérique. Par conséquent, la prochaine étape consiste à repérer les PPI qui n'ont été publiés sur aucune plateforme. Cette étape sera accomplie avec le soutien du CCC, de l'animateur des connaissances autochtones et d'autres personnes qui dirigent actuellement cette phase des consultations, notamment les conversations et la mise à jour des renseignements de l'analyse du milieu qui sont incomplets ou manquants.

Conclusion

Les renseignements recueillis serviront à développer davantage la base de données participative qui sert de portail central pour les PPI en Saskatchewan. Bien qu'une analyse de suivi soit nécessaire pour mieux refléter les changements apportés aux PPI pendant la pandémie, nous n'avons pas actuellement le personnel nécessaire pour effectuer une recherche à jour (notre financement a pris fin en mars 2022). Cette analyse du milieu est une contribution importante à la pratique et à la recherche fondées sur des données probantes en Saskatchewan. L'élaboration de nouveaux PPI fondés sur des données probantes est particulièrement utile pour les organisations, les chercheurs et les décideurs, notamment pour obtenir du financement, ainsi que pour soutenir les personnes et les collectivités de la Saskatchewan affectées par le VIH et le VHC. Par-dessus tout, cette analyse témoigne de l'immense travail et de l'amour des gens de la Saskatchewan qui travaillent pour lutter contre le VIH et le VHC.

Déclaration des auteurs

M. G. — Définition de la stratégie de recherche, analyse du milieu, rédaction du rapport préliminaire

C. M. — Définition de la stratégie de recherche, contribution à l'analyse du milieu, rédaction du rapport et de l'analyse préliminaire

C. H. — Analyse du milieu, rédaction du rapport et de l'analyse préliminaire

L. C. — Codirection du projet, définition de la stratégie de recherche, examen de l'article

A. K. — Codirection du projet, définition de la stratégie de recherche, examen de l'article

Le contenu de l'article et les points de vue qui y sont exprimés n'engagent que les auteurs et ne correspondent pas nécessairement à ceux du gouvernement du Canada.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Les auteurs souhaitent souligner la contribution du Saskatchewan HIV/AIDS Research Endeavour (SHARE), du Groupe de recherche sur le bien-être des autochtones *pewaseskwan* et du Conseil consultatif communautaire pour Sask Stories à cet article.

Financement

Ce projet a été financé par le Fonds d'initiatives communautaires en matière de VIH et d'hépatite C de l'Agence de la santé publique du Canada (2017–2022).



Références

1. Agence de la santé publique du Canada. Nombre de cas signalés de maladies de 1924 à 2019 au Canada- maladies à déclaration obligatoire en direct. Ottawa, ON : ASPC; (accédé 2021-07-17; modifié 2021-07-20). <https://www.canada.ca/fr/sante-publique.html>
2. Government of Saskatchewan Ministry of Health. HIV and AIDS in Saskatchewan (2019) (Infographic). Regina, SK: Government of Saskatchewan; (accédé 2021-07-17). <https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/122818/HIV-in-Saskatchewan-2019-Infographic.pdf>
3. Government of Saskatchewan Ministry of Health. Hepatitis C in Saskatchewan 2017 (infographic). Regina, SK: Government of Saskatchewan; (accédé 2021-07-17). <https://pubsaskdev.blob.core.windows.net/pubsask-prod/114179/Hepatitis-C-in-Saskatchewan-Infographic-2017.pdf>
4. Agence de la santé publique du Canada. L'hépatite C au Canada : Données de surveillance de 2019 (infographie). Ottawa, ON : ASPC; (accédé 2022-07-17). <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/services/publications/diseases-conditions/hepatitis-c-2019-surveillance-data/hepatite-c-donnees-surveillance-2019.pdf>
5. Prairie Harm Reduction. Harm Reduction on the Prairies. Prairie Harm Reduction. Saskatoon, SK: PHR; (accédé 2021-07-17; modifié 2022). <https://prairiehr.ca/>
6. The Persons Living with A.I.D.S. Network. HIV Support Services. PLWA Network. Saskatoon, SK: ANSS; (accédé 2021-07-17). <https://www.aidsnetworksaskatoon.ca/services.html>
7. AIDS Programs South Saskatchewan. About Us. APSS. Regina, SK: APSS; (accédé 2021-07-17). <https://www.aidsprogramssouthsask.com/aboutus.html>
8. Saskatchewan Infectious Disease Care Network. About. SIDCN. Saskatoon, SK: SIDCN. (accédé 2021-07-17; modifié 2022). <https://sidcn.ca/about-sidcn/>
9. Charlton P, Doucet S, Azar R, Nagel DA, Boulos L, Luke A, Mears K, Kelly KJ, Montelpare WJ. The use of the environmental scan in health services delivery research: A scoping review protocol. *BMJ Open* 2019 Sep;9(9):e029805. DOI
10. Choo CW. Environmental scanning as information seeking and organizational learning. *Information research*. 2001 Oct;7(1):7–1. <http://choo.fis.utoronto.ca/fis/respub/chooimreader.pdf>
11. Dolcini MM, Gandelman AA, Vogan SA, Kong C, Leak T-N, King AJ, Desantis L, O'Leary A. Translating HIV interventions into practice: Community-based organizations' experiences with the diffusion of effective behavioral interventions (DEBIs). *Soc Sci Med* 2010;71(10):1839–46. DOI



Enquête transversale sur la prévalence des facteurs de risque et du VIH chez les Africains, les Caribéens et les Noirs en Ontario : l'étude A/C

Lawrence Mbuagbaw^{1,2,3,4*}, Winston Husbands^{5,6}, Shamara Baidooobonso⁷, Daeria Lawson¹, Muna Aden⁸, Josephine Etowa⁹, LaRon Nelson^{5,10}, Wangari Tharao⁸

Résumé

Contexte : L'épidémie du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) a touché de façon disproportionnée les communautés africaines, caribéennes et noires (ACN) au Canada. Nous avons étudié les facteurs associés à l'infection par le VIH et la prévalence chez les membres des communautés ACN en Ontario.

Méthodes : Enquête transversale auprès des personnes ACN de première et de deuxième générations âgées de 15 à 64 ans à Toronto et à Ottawa (Ontario, Canada). Nous avons recueilli des données sociodémographiques, les cas autodéclarés de séropositivité au VIH et nous avons offert des tests de dépistage de type « gouttes de sang séché » (GSS) pour déterminer la prévalence de l'infection au VIH. Les facteurs associés à l'infection par le VIH ont été étudiés à l'aide de modèles de régression.

Résultats : Au total, 1 380 personnes ont été interrogées et 834 (60,4 %) ont été testées pour le VIH. La prévalence du VIH était de 7,5 % dans l'ensemble (intervalle de confiance [IC] à 95 % de 7,1–8,0) et de 6,6 % (IC à 95 % de 6,1–7,1) dans la population adulte (15 à 49 ans). Des facteurs comme un âge plus élevé (rapport de cotes ajusté [RCa] 2,8; IC à 95 % : 2,77–2,82), la naissance à l'extérieur du Canada (RCa 4,7; IC à 95 % : 1,50–14,71), la langue française (RCa 9,83; IC à 95 % : 5,19–18,61), sans emploi (RCa 1,85; IC à 95 % : 1,62–2,11), l'emploi à temps partiel (RCa 4,64; IC à 95 % : 4,32–4,99), la consommation de substances pendant les rapports sexuels (RCa 1,66; IC à 95 % : 1,47–1,88) et l'orientation homosexuelle (RCa 19,68; IC à 95 % : 7,64–50,71) et bisexuelle (RCa 2,82; IC à 95 % : 1,19–6,65) étaient associés à un test positif au VIH. Ceux qui ont un diplôme d'études secondaires (RCa 0,01; IC à 95 % : 0,01–0,02), un diplôme collégial (RCa 0,00; IC à 95 % : 0,00–0,01) ou une formation universitaire (RCa 0,00; IC à 95 % : 0,00–0,01), un logement plus adéquat (RCa 0,85; IC à 95 % : 0,82–0,88), un capital social plus élevé (RCa 0,61; IC à 95 % : 0,49–0,74) et des antécédents d'infections transmissibles sexuellement (RCa 0,40; IC à 95 % : 0,18–0,91) étaient moins susceptibles d'avoir un test de dépistage positif au VIH.

Conclusion : L'infection par le virus de l'immunodéficience humaine est liée à des facteurs sociodémographiques, socio-économiques et comportementaux chez les personnes ACN en Ontario.

Citation proposée : Mbuagbaw L, Husbands W, Baidooobonso S, Lawson DO, Aden M, Etowa J, Nelson L, Tharao WE. Enquête transversale sur la prévalence des facteurs de risque et du VIH chez les Africains, les Caribéens et les Noirs en Ontario : l'étude A/C. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(10):474–83. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a03f>

Mots-clés : VIH, populations à haut risque, Africains, Caribéens et Noirs, utilisation des ressources en soins de santé, Canada

Cette oeuvre est mise à la disposition selon les termes de la licence internationale [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Affiliations

¹ Département des méthodes, des données et de l'impact de la recherche en santé de l'Université McMaster, Hamilton, ON

² Unité de biostatistique, The Research Institute, Centre de soins de santé St-Joseph, Hamilton, ON

³ Centre d'élaboration de pratiques exemplaires en santé (CDBPH), Hôpital central de Yaoundé, Yaoundé, Cameroun

⁴ Département de santé mondiale, Université de Stellenbosch, Le Cap, Afrique du Sud

⁵ Réseau ontarien de traitement du VIH, Toronto, ON

⁶ École de santé publique Dalla Lana, Université de Toronto, Toronto, ON

⁷ Département de santé communautaire et d'épidémiologie, Université Dalhousie, Halifax, NS

⁸ Centre de santé communautaire Women's Health in Women's Hands, Toronto, ON

⁹ Faculté des sciences de la santé, Université d'Ottawa, Ottawa, ON

¹⁰ École des sciences infirmières, Université Yale, New Haven, CT, États-Unis

*Correspondance :

mbuagblc@mcmaster.ca



Introduction

Les personnes d'origine africaine, caribéenne et noire (ACN) au Canada sont beaucoup plus vulnérables au virus de l'immunodéficience humaine (VIH) en raison des déterminants sociaux qui se recoupent et qui limitent leur capacité à obtenir des résultats optimaux en matière de santé (1). Cette situation est aggravée par la stigmatisation et la discrimination liées au VIH envers les communautés affectées par le VIH (2,3). Au Canada, les personnes ACN constituent 2,5 % de la population, mais 16 % des personnes vivant avec le VIH (4). En Ontario, les personnes ACN ne représentent que 5 % de la population, mais elles représentent 25 % de tous les nouveaux cas d'infection (4). En dépit de ces chiffres, il existe peu de renseignements sur l'épidémie de VIH dans les communautés ACN vivant au Canada, et il n'existe actuellement aucune estimation officielle de la prévalence du VIH dans ces communautés. Les données de surveillance provinciales sur le VIH n'incluaient pas l'origine ethnique jusqu'à récemment (5,6), ce qui peut être un facteur contributif. Même si l'épidémie de VIH dure depuis près de 40 ans, il n'existe pas de données racialisées concernant les personnes ACN au Canada. Par conséquent, il n'existe pas d'estimation acceptée de la prévalence du virus chez les Canadiens ACN. De plus, d'autres facteurs systémiques et structurels peuvent limiter les ressources nécessaires pour mener des recherches sur les personnes ACN, notamment les expériences de stigmatisation et de discrimination raciale (2,3), ainsi que les obstacles linguistiques (7) et les problèmes liés à la migration (8).

Étant donné que 52 % de la population ACN au Canada (plus d'un demi-million de personnes) vit en Ontario (9), les enquêtes visant à mieux comprendre leur vulnérabilité à l'infection par le VIH sont bénéfiques à l'échelle nationale, notamment l'intervention prévue par le gouvernement du Canada pour réduire le fardeau et les répercussions des infections transmissibles sexuellement et par le sang (10).

L'objet de cette étude (l'étude A/C) est d'éclairer les politiques et les pratiques du gouvernement de l'Ontario, au Canada, concernant les soins aux personnes ACN séropositives en étudiant les facteurs sous-jacents qui augmentent le risque et la vulnérabilité des personnes ACN. Dans cet article, nous faisons rapport des facteurs associés à l'infection par le VIH et de la prévalence de l'infection.

Méthodes

De janvier à décembre 2019, nous avons mené une enquête transversale auprès des personnes ACN à Toronto et à Ottawa, en Ontario, au Canada. L'étude A/C a été approuvée par les comités d'éthique pertinents et le protocole complet de l'étude A/C est publié ailleurs (11). Notre étude est présentée selon les lignes directrices « *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* » (STROBE) (12). Les participants ont

consenti au questionnaire, au prélèvement de type « gouttes de sang séché » (GSS) et au couplage des données avec les bases de données administratives.

Admissibilité

Les Africains, les Caribéens et les Noirs pouvaient participer s'ils répondaient aux critères suivants : vivre à Toronto ou à Ottawa et dans les municipalités environnantes; être nés dans un pays des Caraïbes ou de l'Afrique subsaharienne ou avoir un parent né dans l'un de ces pays; être âgés de 15 à 64 ans au moment de l'enquête; pouvoir communiquer en français ou en anglais; et avoir donné leur consentement éclairé. L'inclusion de jeunes d'à peine 15 ans nous a permis de saisir leurs expériences uniques et des mesures de sauvegarde spéciales ont été mises en place, notamment des conseillers et des liens avec les soins (11).

Prélèvement d'échantillons

Notre estimation de la taille de l'échantillon a été éclairée par les données de recensement et d'enquête sur la répartition des populations ACN des Caraïbes et de l'Afrique à Toronto et à Ottawa (13,14), une prévalence présumée de 2 % du VIH chez la première et deuxième génération de personnes ACN et l'approche de l'intervalle de confiance de Wilson avec correction de continuité (15). Ces données ont généré un échantillon de 1 500 participants, soit 1 000 à Toronto et 500 à Ottawa, respectivement.

Recrutement

Des recruteurs formés ont approché des personnes potentiellement admissibles en tant qu'ACN (réseaux sociaux, événements et lieux occupés par des personnes ACN) pour leur demander s'ils souhaitaient participer à l'étude.

Collecte de données

Nous avons obtenu le consentement éclairé écrit pour l'entrevue et pour le prélèvement d'un échantillon de GSS. Les participants pouvaient consentir à l'entrevue seulement ou à l'entrevue et aux GSS, mais ils ne pouvaient pas accepter uniquement le test de GSS.

Le questionnaire s'est déroulé en français ou en anglais. Il comprenait les renseignements sociodémographiques, des données sur le comportement sexuel, la consommation de substances, le don de sang, l'accès aux systèmes et services de santé et leur utilisation, ainsi que le dépistage, les soins et le traitement du VIH. De plus amples renseignements sur l'élaboration et le contenu du questionnaire se trouvent dans le protocole publié (11). Un échantillon de GSS a été prélevé auprès de tous les participants qui ont consenti à cette partie de l'étude; l'Agence de la santé publique du Canada a analysé des échantillons pour déterminer la présence d'anticorps contre le VIH. Des honoraires de 40 \$ CA ont été offerts à chaque participant. On a également offert un test de dépistage du VIH aux participants au point d'intervention.



Analyse statistique

Le résultat principal a été le résultat d'un test de dépistage du VIH dans les GSS (positif/négatif). Les caractéristiques des participants analysées étaient le groupe d'âge, la ville, la langue dans laquelle l'enquête a été menée, le sexe, l'identité de genre, l'orientation sexuelle, le lieu de naissance, le niveau de scolarité, l'emploi, la capacité de répondre aux besoins de base, la situation du logement, les infections transmissibles sexuellement (ITS) qui avaient déjà fait l'objet d'un test, l'état sérologique autodéclaré du VIH et l'indice de capital social (16). L'indice de capital social a été estimé à partir des niveaux d'accord ou de désaccord sur les perceptions des personnes au sujet de leur quartier (16).

Nous avons résumé les données continues avec les moyennes et les écarts-types, ou les médianes (quartile 1; quartile 3). Les données catégoriques ont été décrites à l'aide de chiffres et de pourcentages. Nous avons comparé notre échantillon au profil du Recensement canadien de 2016 (17) et nous avons pondéré les données pour qu'elles correspondent à l'âge, au sexe et à la répartition urbaine des Noirs dans le recensement. La prévalence du VIH a été estimée comme étant la proportion de personnes séropositives parmi les personnes testées. Nous avons appliqué le coefficient de variation (CV) (utilisé par Statistique Canada) pour déterminer quelles valeurs pouvaient être déclarées à partir de petits sous-groupes (18).

Les facteurs associés à l'infection par le VIH ont été évalués à l'aide de modèles linéaires généralisés, ajustés en fonction des covariables pertinentes. Les covariables ont été entrées dans des modèles distincts sous forme de blocs composés de données démographiques (âge [les six groupes d'âge ont été traités comme ordinaux], identité de genre, niveau de

scolarité, lieu de naissance, langue, ville), socio-économiques (situation d'emploi, capacité de répondre aux besoins de base, situation du logement, indice de capital social) et de variables du comportement sexuel (âge lors de la première relation sexuelle, consommation de substances pendant les relations, sexe transactionnel, orientation sexuelle, avoir subi un test d'ITS). Nous avons utilisé des erreurs types robustes pour tenir compte du regroupement dans les villes (Toronto et Ottawa). Seules les covariables statistiquement significatives ($p < 0,05$) ont été entrées dans le modèle complet. L'ajustement du modèle a été évalué à l'aide du critère d'information Akaike (AIC) en comparant des modèles complets à des modèles partiels (un AIC inférieur indique un meilleur ajustement). La multicollinéarité a été évaluée à l'aide du facteur d'inflation de la variance avec un facteur > 25 suggestif de la multicollinéarité. Le taux d'erreur de type 1 a été établi à 5 %. Les rapports de cotes ajustés (RCA) et les intervalles de confiance (IC) à 95 % sont déclarés. Les données ont été analysées à l'aide de la version 16.0 de Stata.

Résultats

Caractéristiques des participants

Nous avons inclus un total de 1 380 personnes âgées de 15 à 64 ans. Un plus grand nombre de personnes ont été recrutées à Toronto ($n = 854/61,9\%$), ont répondu au sondage en anglais ($n = 1\,276/92,5\%$) et étaient des femmes ($n = 853/63,4\%$). La plupart des participants ont déclaré avoir déjà subi un test de dépistage d'une ITS ($n = 762/63,8\%$) et du VIH ($n = 950/74,6\%$), la plupart ayant déclaré leur séropositivité ($n = 848/91,9\%$). Seulement 834 participants (60,4 %) ont accepté le test de GSS. Le **tableau 1** présente le profil sociodémographique complet des participants.

Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques des participants selon les résultats des analyses ponctuelles de gouttes de sang séché pour le virus de l'immunodéficience humaine (non pondérés)

Variable	Test positif (n = 67)		Test négatif (n = 767)		Aucun test (n = 546)		Total (n = 1 380)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Âge (années)^a								
15 à 19	3	4,6	93	12,3	61	11,7	157	11,7
20 à 29	4	6,2	263	34,7	159	30,5	426	31,7
30 à 39	18	27,7	193	25,4	127	24,4	338	25,1
40 à 49	22	33,8	148	19,5	116	22,3	286	21,3
50 à 59	16	24,6	49	6,5	43	8,3	108	8,0
60 à 64	2	3,1	13	1,7	15	2,9	30	2,2
Ville								
Toronto	38	56,7	457	59,6	359	65,8	854	61,9
Ottawa	29	43,3	310	40,4	187	34,2	526	38,1
Langue								
Anglais	51	76,1	729	95,0	496	90,8	1 276	92,5
Français	16	23,9	38	5,0	50	9,2	104	7,5



Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques des participants selon les résultats des analyses ponctuelles de gouttes de sang séché pour le virus de l'immunodéficience humaine (non pondérés) (suite)

Variable	Test positif (n = 67)		Test négatif (n = 767)		Aucun test (n = 546)		Total (n = 1 380)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Sexe^a								
Masculin	26	40,6	279	36,9	186	35,5	491	36,5
Féminin	38	59,4	477	63,0	338	64,5	853	63,4
Intersexué	0	0,0	1	0,1	0	0,0	1	0,1
Identité de genre^a								
Homme	22	34,9	276	36,5	183	34,9	481	35,8
Femme	39	61,9	468	61,8	335	63,9	842	62,6
Personnes trans	0	0,0	2	0,3	4	0,8	6	0,4
Personnes non binaires	2	3,2	11	1,5	2	0,4	15	1,1
Orientation sexuelle								
Hétérosexuel	44	74,6	619	85,4	421	87,7	1 084	85,8
Homosexuel	9	15,3	26	3,6	24	5,0	59	4,7
Bisexuel	4	6,8	56	7,7	27	5,6	87	6,9
Autre	2	3,4	24	3,3	8	1,7	34	2,7
Né au Canada^a								
Oui	3	4,7	183	24,4	112	21,5	298	22,3
Formation^a								
Université	4	6,6	10	1,3	16	3,1	30	2,3
Collège	15	24,6	174	23,1	120	23,3	309	23,3
École secondaire	14	23,0	136	18,1	99	19,3	249	18,8
Inférieur aux études secondaires	28	45,9	432	57,4	279	54,3	739	55,7
Emploi								
Sans emploi	46	68,7	331	43,2	264	48,4	641	46,4
Temps partiel	12	17,9	147	19,2	103	18,9	262	19,0
Temps plein	9	13,4	289	37,7	179	32,8	477	34,6
Capacité de répondre aux besoins de base^b								
Pas du tout difficile	8	12,7	201	28,4	106	21,9	315	25,1
Un peu difficile	18	28,6	221	31,2	155	32,0	394	31,4
Assez difficile	19	30,2	152	21,5	122	25,2	293	23,3
Très difficile	18	28,6	134	18,9	102	21,0	254	20,2
Situation de logement^b								
Inadéquat	15	25,4	120	16,7	95	19,8	230	18,3
À peine suffisant	8	13,6	85	11,8	63	13,1	156	12,4
Assez adéquat	21	35,6	276	38,4	196	40,7	493	39,2
Très adéquat	15	25,4	238	33,1	127	26,4	380	30,2
Testé pour une ITS^a								
Oui	43	72,9	443	63,6	276	62,9	762	63,8
Séropositivité autodéclarée^a								
VIH+	47	82,5	4	0,8	24	7,0	75	8,1
VIH-	10	17,5	520	99,2	318	93,0	848	91,9

Abréviations : ITS, infections transmissibles sexuellement; VIH, virus de l'immunodéficience humaine

^a Il manque moins de 5 %

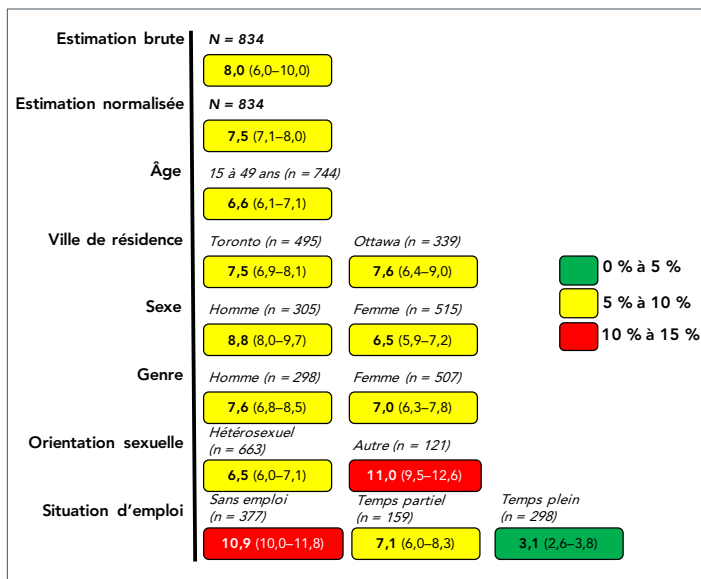
^b Il manque de 5 % à 10 %



Prévalence de l'infection au VIH

Après avoir pondéré l'échantillon en fonction de l'âge, du sexe et de la ville de résidence des ACN en Ontario, la prévalence était de 7,5 % (IC à 95 % : 7,1–8,0). La prévalence du VIH dans la population adulte (15 à 49 ans) était de 6,6 % (IC à 95 % : 6,1–7,1). La prévalence dans certains sous-groupes est illustrée à la figure 1.

Figure 1 : Prévalence du virus de l'immunodéficience humaine chez les sous-groupes de personnes d'origine africaine, caribéenne et Noires à Toronto et à Ottawa, Ontario



Facteurs associés à l'infection au VIH

Dans le modèle démographique, les personnes âgées (RCa 1,86; IC à 95 % : 1,58–2,18), les personnes ayant une identité de genre non binaire (RCa 5,20; IC à 95 % : 1,18–7,28; comparativement aux hommes), les personnes nées à l'extérieur du Canada (RCa 3,19; IC à 95 % : 1,88–5,40) et les personnes ayant répondu au sondage en français (RCa 8,11; IC à 95 % : 2,34–28,14) étaient plus susceptibles d'avoir un test de dépistage positif au VIH. Les femmes (RCa 0,58; IC à 95 % : 0,58–0,59) comparativement aux hommes, et les personnes ayant un diplôme d'études secondaires (RCa 0,15; IC à 95 % : 0,05–0,46), collégiales (RCa 0,08; IC à 95 % : 0,07–0,08) ou universitaires (RCa 0,05; IC à 95 % : 0,04–0,07) comparativement aux personnes sans diplôme d'études secondaires étaient moins susceptibles d'avoir un résultat de test positif.

Dans le modèle socio-économique, les personnes sans emploi (RCa 2,38; IC à 95 % : 2,17–2,62) ou qui travaillaient seulement à temps partiel (RCa 1,35; IC à 95 % : 1,04–1,76) étaient plus susceptibles d'avoir un test de dépistage du VIH positif. Les personnes ayant de meilleures conditions de logement (RCa 0,71; IC à 95 % : 0,69–0,74) et ayant un indice de capital social plus élevé (RCa 0,55; IC à 95 % : 0,51–0,60) étaient moins susceptibles d'avoir un résultat de test positif.

Dans le modèle comportemental, les personnes qui se sont identifiées comme étant homosexuelles (RCa 8,63; IC à 95 % : 5,86–12,72) et bisexuelles (RCa 2,45; IC à 95 % : 1,25–4,8) étaient plus susceptibles d'avoir un test de dépistage du VIH positif que celles qui se sont identifiées comme étant hétérosexuelles. Les personnes ayant un âge plus élevé à la première relation sexuelle (RCa 0,91; IC à 95 % : 0,88–0,95), les personnes ayant déclaré avoir consommé des substances pendant le sexe (RCa 0,51; IC à 95 % : 0,39–0,66), les personnes ayant déclaré avoir eu plus de partenaires sexuels (RCa 0,78; IC à 95 % : 0,74–0,82) et les personnes ayant déjà subi un test pour une ITS (RCa 0,51; IC à 95 % : 0,27–0,94) étaient moins susceptibles d'avoir un résultat de test positif.

Dans le modèle complet (y compris les facteurs démographiques, socio-économiques et comportementaux), les personnes plus âgées (RCa 2,8; IC à 95 % : 2,77–2,82), les personnes nées à l'extérieur du Canada (RCa 4,7; IC à 95 % : 1,5–14,71), les personnes qui ont répondu à l'enquête en français (RCa 9,83; IC à 95 % : 5,19–18,61), les personnes sans emploi (RCa 1,85; IC à 95 % : 1,62–2,11) ou travaillant à temps partiel (RCa 4,64; IC à 95 % : 4,32–4,99), les personnes qui ont déclaré avoir consommé des substances pendant les relations sexuelles (RCa 1,66; IC à 95 % : 1,47–1,88) et les personnes qui se sont identifiées comme étant homosexuelles (RCa 19,68; IC à 95 % : 7,64–50,71) ou bisexuelles (RCa 2,82; IC à 95 % : 1,19–6,65) étaient plus susceptibles d'avoir un test de dépistage du VIH positif. En revanche, les personnes ayant un diplôme d'études secondaires (RCa 0,01; IC à 95 % : 0,01–0,02), collégiales (RCa 0,00; IC à 95 % : 0,00–0,01) ou universitaires (RCa 0,00; IC à 95 % : 0,00–0,01), comparativement aux personnes sans diplôme d'études secondaires, les personnes ayant déclaré une situation de logement plus adéquate (RCa 0,85; IC à 95 % : 0,82–0,88), les personnes ayant un indice de capital social plus élevé (RCa 0,61; IC à 95 % : 0,49–0,74) et les personnes ayant déclaré avoir déjà subi un test de dépistage d'une ITS (RCa 0,40; IC à 95 % : 0,18–0,91) étaient moins susceptibles d'avoir un résultat de test positif. Les résultats des modèles sont présentés au **tableau 2**.

Discussion

Dans cette étude, la prévalence globale de l'infection à VIH chez les adultes était de 6,6 % (IC à 95 % : 6,1–7,1) et variait entre les sous-groupes, confirmant ainsi le rôle des facteurs sociodémographiques, socio-économiques et comportementaux liés à la vulnérabilité au VIH. Ces résultats ont été mis en évidence dans l'analyse multivariable dans laquelle nous avons identifié l'âge, l'éducation, le lieu de naissance, la langue, l'emploi, le logement, le capital social, l'orientation sexuelle et les comportements de dépistage des ITS à associer à l'infection par le VIH.



Tableau 2 : Résumé des modèles linéaires généralisés pour les facteurs associés à un test positif du virus de l'immunodéficience humaine

Modèles partiels					Modèle complet (n = 348) AIC 4 105		
Bloc	Variable	RCa		Valeur p	RCa		Valeur p
		n	IC à 95 %		n	IC à 95 %	
Démographique (n = 797) AIC 4 787	Âge	1,86	1,58–2,18	< 0,001	2,8	2,77–2,82	< 0,001
	Identité de genre						
	Homme	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Femme	0,58	0,58–0,59	< 0,001	1,16	0,83–1,62	0,393
	Autre	5,20	1,18–7,28	< 0,001	Non indiqué ^a		s.o.
	Niveau d'éducation						
	Inférieur aux études secondaires	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	École secondaire	0,15	0,05–0,46	0,001	0,01	0,01–0,02	< 0,001
	Collège	0,08	0,07–0,08	< 0,001	0,00	0,00–0,01	< 0,001
	Université	0,05	0,04–0,07	< 0,001	0,00	0,00–0,00	< 0,001
	Lieu de naissance						
	Canada	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Autre	3,19	1,88–5,4	< 0,001	4,7	1,5–14,71	0,008
	Langue						
	Anglais	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Français	8,11	2,34–28,14	0,001	9,83	5,19–18,61	< 0,001
	Ville						
	Toronto	1	1	s.o.	Non inclus dans le modèle		
	Ottawa	0,79	0,62–1,01	0,064	Non inclus dans le modèle		
Économique (n = 731) AIC 6 175	Emploi						
	Sans emploi	2,38	2,17–2,62	< 0,001	1,85	1,62–2,11	< 0,001
	Temps partiel	1,35	1,04–1,76	0,024	4,64	4,32–4,99	< 0,001
	Temps plein	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Capacité de répondre aux besoins de base	0,89	0,73–1,08	0,223	Non inclus dans le modèle		
	Situation de logement	0,71	0,69–0,74	< 0,001	0,85	0,82–0,88	< 0,001
	Indice de capital social	0,55	0,51–0,60	< 0,001	0,61	0,49–0,74	< 0,001
Comportemental (n = 369) AIC 5 435	Âge lors de la première relation	0,91	0,88–0,95	< 0,001	0,99	0,92–1,07	0,797
	Consommation de substances pendant les relations sexuelles						
	Non	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Oui	0,51	0,39–0,66	< 0,001	1,66	1,47–1,88	< 0,001
	Nombre de partenaires sexuels	0,78	0,74–0,82	< 0,001	0,80	0,69–0,93	0,004
	Rencontres sexuelles transactionnelles	1,17	0,47–2,91	0,741	Non inclus dans le modèle		
	Orientation sexuelle						
	Hétérosexuel	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Homosexuel	8,63	5,86–12,72	< 0,001	19,68	7,64–50,71	< 0,001
	Bisexuel	2,45	1,25–4,8	0,009	2,82	1,19–6,65	0,018
	Autre	1,02	0,03–32,11	0,992	6,92	0,53–89,73	0,139
	Avoir déjà subi un test d'ITS						
	Non	1	1	s.o.	1	1	s.o.
	Oui	0,51	0,27–0,94	0,032	0,40	0,18–0,91	0,030

Abréviations : AIC, critère d'information Akaike; IC, intervalle de confiance; ITS, infections transmissibles sexuellement; RCa, rapport de cotes ajusté; s.o., sans objet

^a Non indiqué en raison de données insuffisantes



Ce travail met en évidence plusieurs enjeux clés. Premièrement, 82,5 % des personnes ayant obtenu un résultat positif au test ont déclaré leur séropositivité; c'est-à-dire qu'elles étaient au courant de leur séropositivité. La sensibilisation à la séropositivité est la première des cibles 95-95-95 de l'ONUSIDA pour 2030 (19), et ce travail confirme que même si les pays atteignent ces cibles au niveau national, les sous-populations vulnérables pourraient ne pas y parvenir. Les Africains, les Caribéens et les Noirs de l'Ontario sont à 12,5 % de la cible de 2030. Cependant, les personnes peuvent sous-déclarer leur séropositivité par crainte de stigmatisation et de discrimination, comme le montrent d'autres études (20).

En plus des facteurs décrits dans la littérature, nous avons trouvé d'autres facteurs qui peuvent expliquer la vulnérabilité des personnes ACN au VIH ou les conséquences néfastes de l'infection par le VIH. Nous avons constaté que les personnes ayant déclaré un capital social plus faible étaient plus susceptibles d'avoir une infection au VIH, ce qui suggère que les soutiens familiaux et communautaires peuvent jouer un rôle dans l'amélioration de la résilience des personnes ACN. Ces mécanismes peuvent fonctionner en atténuant les désavantages systémiques qui prédisposent les personnes au VIH (21), mais aussi en favorisant des comportements préventifs.

Les Africains, les Caribéens et les Noirs qui ne sont pas nés au Canada étaient plus susceptibles de subir un test de dépistage positif au VIH. Il est possible que ceux qui ne sont pas nés au Canada aient immigré de pays où la prévalence sous-jacente du VIH est élevée. De plus, nous devons tenir compte du fait que les immigrants noirs, indépendamment du risque de base, vivent d'autres vulnérabilités liées au revenu et à l'emploi qui augmentent leur risque de contracter le VIH, notamment le choc culturel, le désavantage socio-économique et racial des immigrants (22).

Les personnes qui ont répondu au sondage en français étaient également plus susceptibles d'avoir un résultat de test positif. Ces personnes constituent une minorité ethnique et linguistique en Ontario et, par conséquent, elles peuvent être confrontées à des obstacles socio-économiques supplémentaires en raison de leur statut linguistique et de leur statut de migrant. Un examen de la portée de l'accès aux soins contre le VIH pour les francophones dans les provinces à majorité anglophone a mis en évidence les difficultés auxquelles les professionnels de la santé sont confrontés pour fournir des soins aux clients francophones (7).

L'augmentation de l'âge était associée à une plus grande probabilité d'un résultat de test positif. Ce résultat est semblable aux tendances nationales, qui montrent une prévalence croissante du VIH chez les 15 à 19 ans jusqu'au groupe des 30 à 39 ans, puis une baisse constante (23). Dans notre étude, le groupe des 50 à 59 ans affichait la prévalence du VIH la plus élevée. Il est possible que les personnes plus âgées vivent avec

le VIH depuis plus longtemps et qu'elles aient connu d'autres facteurs (e.g. progrès de la compréhension de la prévention et des efforts de santé publique au cours des dernières décennies) qui pourraient accroître la longévité des personnes vivant avec le VIH.

Les tests de dépistage des ITS antérieurs étaient associés à un risque de VIH plus faible. Nous supposons que les personnes qui ont déjà subi un test de dépistage des ITS peuvent avoir une meilleure idée de leur risque d'ITS, y compris le VIH. De plus, le fait d'avoir une ITS augmente le risque d'infection par le VIH (24); par conséquent, le dépistage et le traitement des ITS devraient réduire le risque d'infection par le VIH.

Dans l'ensemble, nos constatations corroborent les recherches antérieures soulignant le besoin de renseignements, de dépistage et de services de traitement pour les personnes ACN (25) ainsi qu'un écart entre le risque perçu et le risque réel d'infection par le VIH (26). Même si nous avons discuté de ces facteurs séparément, ils sont interreliés et ils interagissent probablement de manière complexe en créant une vulnérabilité au VIH. Cette étude a été menée auprès des personnes ACN, toutefois les résultats pourraient s'appliquer à d'autres groupes racialisés ou en quête d'équité au Canada et nous aider à mieux comprendre la vulnérabilité au VIH.

Limites de l'étude

Cette étude comporte des limites. Premièrement, la taille de l'échantillon prévue de 1 500 personnes n'a pas été atteinte; cependant, la taille de l'échantillon de 1 500 personnes était fondée sur une prévalence présumée du VIH de 2 %. Étant donné que la prévalence était plus élevée, une taille d'échantillon plus petite était suffisante. Deuxièmement, il s'agit d'une étude transversale qui exclut les inférences sur la causalité ou la nature temporelle des associations mentionnées ici. Troisièmement, les inexactitudes et la non-réponse à certaines questions étaient inévitables, ce qui pouvait entraîner un biais de rappel et un biais de désirabilité sociale. De plus, malgré la pondération, les personnes qui ont choisi de se soumettre à un test de GSS ne sont pas nécessairement représentatives de la population des ACN, et il peut exister un biais de sélection. Quatrièmement, la langue dans laquelle les participants ont choisi de remplir le questionnaire pourrait ne pas être un reflet fidèle de leur langue principale de communication.

Forces de l'étude

Cette étude a été menée par des chercheurs ACN, conformément aux principes d'autonomie et d'autodétermination de la recherche communautaire, et a permis de s'assurer que les participants, les recruteurs et les autres membres de la collectivité étaient traités avec respect et d'une manière culturellement appropriée. Notre approche en matière d'application des connaissances a accordé la priorité à la collectivité et a été mise en œuvre jusqu'à présent au moyen de présentations communautaires et d'un rapport communautaire



en français et en anglais (27,28). Il s'agit de la plus importante étude sur les personnes ACN au Canada, avec des estimations de la prévalence du VIH par sous-groupes. De plus amples renseignements sur l'étude A/C sont [accessibles en ligne](#) (en anglais).

Conclusion

Les Africains, les Caribéens et les Noirs de l'Ontario présentent un haut risque d'infection par le VIH et ce risque est lié à des facteurs sociodémographiques, socio-économiques et comportementaux. Des interventions visant à améliorer le bien-être social et économique des personnes ACN en éliminant les obstacles structurels aux renseignements, au dépistage du VIH, à la prophylaxie pré et post-exposition et à d'autres ressources qui freinent la transmission du VIH sont nécessaires. Une étude de cohorte sur les ACN ou un couplage avec des bases de données administratives serait un moyen idéal de mesurer les tendances à long terme du risque de VIH, de l'accès aux services de santé et des résultats en matière de santé.

Déclaration des auteurs

L. M. — Ébauche originale

D. O. L. — Rédaction de l'ébauche originale; analyse officielle; examen et révision

L. M. — Conception de l'étude; élaboration d'instruments de collecte de données

W. E. T. — Conception de l'étude; élaboration d'instruments de collecte de données; examen et révision

W. H. — Conception de l'étude; élaboration d'instruments de collecte de données; examen et révision

L. E. N. — Conception de l'étude; élaboration d'instruments de collecte de données; examen et révision

J. E. — Conception de l'étude; élaboration d'instruments de collecte de données; examen et révision

S. B. — Examen de l'analyse; examen et révision

Tous les auteurs ont examiné et approuvé la version finale.

Le contenu de l'article et les points de vue qui y sont exprimés n'engagent que les auteurs et ne correspondent pas nécessairement à ceux du gouvernement du Canada.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Nous souhaitons souligner le soutien des laboratoires nationaux de dépistage du VIH et de rétrovirologie de l'Agence de la santé publique du Canada pour l'exécution des tests de dépistage de gouttes de sang séché; les membres des communautés, les intervieweurs, les coordonnateurs d'étude et les organismes communautaires (Women's Health in Women's Hands, Black Creek Community Health Centre, Somerset West Community Health Centre, Canadian of African Descent Health Organization, AIDS committee of Ottawa, African Canadian Association of Ottawa, TAIBU Community Health Centre, Africans in Partnership Against AIDS, African and Black Diaspora Global Network, Black Health Alliance, Bruce House, Regent Park Community Health Centre), les institutions partenaires et les participants qui ont consacré leur temps précieux à cette recherche. Nous remercions également les nombreux collaborateurs, collègues et partenaires qui ont participé dès les premières étapes de ce projet.

Financement

Ce travail est appuyé par une bourse du Réseau ontarien de traitement du VIH.

Cette étude a été appuyée par les Instituts de recherche en santé du Canada au moyen d'une subvention de fonctionnement dans le cadre du Programme de recherche communautaire sur le VIH/sida.

Références

1. Ontario Advisory Committee on HIB+V/AIDS. Focusing our efforts. HIV/AIDS Strategy to 2026. Toronto, ON: OAN; 2016. <https://bit.ly/2IPrA7E>
2. Ontario HIV Treatment Network. African, Caribbean and Black Communities. Toronto, ON: OHTN; 2018. <http://www.ohtn.on.ca/research-portals/priority-populations/african-caribbean-and-black-communities/>
3. Kerr J, Northington T, Sockdjou T, Maticka-Tyndale E. Perceived Neighborhood Quality and HIV-related Stigma among African Diasporic Youth; Results from the African, Caribbean, and Black Youth (ACBY) Study. J Health Care Poor Underserved 2018;29(2):651–63. DOI
4. Canadian HIV/AIDS Black, African and Caribbean Network. CHABAC Awareness Day. CHABAC; 2018. http://www.blackhivday.ca/awareness_day_fact_sheet_2018_EN_final.pdf
5. Bourgeois AC, Edmunds M, Awan A, Jonah L, Varsaneux O, Siu W. Le VIH au Canada – Rapport de surveillance, 2016 Relevé des maladies transmissibles au Canada 2017;43(12):282–91. DOI



6. Haddad N, Li JS, Totten S, McGuire M. Le VIH au Canada : Rapport de surveillance, 2017. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2018;44(12):367–76. DOI
7. Djiadeu P, Yusuf A, Ongolo-Zogo C, Nguemo J, Odhiambo AJ, Mukandoli C, Lightfoot D, Mbuagbaw L, Nelson LE. Barriers in accessing HIV care for Francophone African, Caribbean and Black people living with HIV in Canada: a scoping review. BMJ Open 2020;10(8):e036885. DOI
8. Bekele T, Collins EJ, Maunder RG, Gardner S, Rueda S, Globberman J, Le TL, Hunter J, Benoit A, Rourke SB, Ohtn Cohort Study Team T. Childhood Adversities and Physical and Mental Health Outcomes in Adults Living with HIV: Findings from the Ontario HIV Treatment Network Cohort Study. AIDS Res Treat 2018;2018:2187232. DOI
9. Statistique Canada. Diversité de la population noire au Canada: un aperçu. Ottawa, ON : StatCan; 2019. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/89-657-x/89-657-x2019002-fra.htm>
10. Agence de la santé publique du Canada. Accélérer notre intervention : plan d'action quinquennal du gouvernement du Canada sur les infections transmissibles sexuellement et par le sang. Ottawa, ON : ASPC; 2020. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/rapports-publications/accelerer-notre-intervention-plan-action-quinquennal-infections-transmissibles-sexuellement-sang.html>
11. Mbuagbaw L, Tharao W, Husbands W, Nelson LE, Aden M, Arnold K, Baidooobonso S, Dabone C, Dryden O, Etowa E, Hamid J, Jackson-Best F, Kohoun B, Lawson DO, Lofters AK, Luyombya H, Mbulaheni T, Mkandawire P, Ndungu M, Nyambi A, Obiorah S, Ongoiba F, Ongolo-Zogo C, Oraka C, Shahin R, Yaya S, Hendricks A, Gebremeskel A, Inoua H, Etowa J. A/C study protocol: a cross-sectional study of HIV epidemiology among African, Caribbean and Black people in Ontario. BMJ Open 2020;10(7):e036259. DOI
12. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, STROBE Initiative. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. Lancet 2007;370(9596):1453–7. DOI
13. Statistique Canada. Profil du recensement, Recensement de 2016. Ottawa, ON : StatCan; 2018. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/details/Page.cfm?Lang=F&Geo1=PR&Code1=01&Geo2=&Code2=&Data=Count&SearchText=Canada&SearchType=Begins&SearchPR=01&B1=All&GeoLevel=PR&GeoCode=01>
14. Statistique Canada. Programme du recensement : Recensement de la population. Ottawa, ON : StatCan; 2016. <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/index-fra.cfm?DGUID=2021A000011124>
15. Newcombe RG. Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods. Stat Med 1998;17(8):857–72. DOI
16. Vemuri AW, Grove JM, Wilson MA, Burch Jr WR. A tale of two scales: Evaluating the relationship among life satisfaction, social capital, income, and the natural environment at individual and neighborhood levels in metropolitan Baltimore. Environ Behav 2011;43(1):3–25. DOI
17. Statistique Canada. Produits de données, Recensement de 2016. Ottawa, ON : StatCan; 2017; (accédé 2020-12-07). <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/index-fra.cfm>
18. Statistique Canada. 5.0 Exactitude et qualité des données. Ottawa, ON : StatCan; 2009. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/13f0026m/2007001/ch5-fra.htm>
19. Joint United Nations Programme on HIV/AIDS. Understanding fast-track: accelerating action to end the AIDS epidemic by 2030. Geneva, CH: UNAIDS; 2015. https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/201506_JC2743_Understanding_FastTrack_en.pdf
20. Soni N, Giguère K, Boily M-C, Fogel JM, Maheu-Giroux M, Dimitrov D, Eshleman SH, Mitchell KM. Under-Reporting of Known HIV-Positive Status Among People Living with HIV: A Systematic Review and Meta-analysis. AIDS Behav 2021;25(12):3858–70. DOI
21. Antabe R, Miller D, Kohoun B, Okonufua O, Husbands W. Black Resilience: A Strategic Asset for Engaging Heterosexual Black Canadian Men in Community Responses to HIV. J Racial Ethn Health Disparities 2022;9(3):756–66. DOI
22. Blot S, Godbout C, Liu J, Bullock S, Tharao W, Iveniuk J, Tharao W, Iveniuk JD, Godoy S, Frans D, Allen A, Lee A, Gyamfowa A, Oyelowo O, Yehdego, Arnold MK, Maitland D, Soomarie D, Odhiambo J, Ndungu M, Habanyama M, Chigugudhlo D. MSAFIRI Post-Migration Health Project: Findings and HIV prevention strategy development for Ontario ACB people below the radar. Knowledge Translation and Exchange (KTE) Forum Summary Report. 2018.
23. Haddad N, Weeks A, Robert A, Totten S. Le VIH au Canada – rapport de surveillance, 2019. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2021;47(1):87–98. DOI



24. Gray RH, Wawer MJ, Brookmeyer R, Sewankambo NK, Serwadda D, Wabwire-Mangen F, Lutalo T, Li X, vanCott T, Quinn TC; Rakai Project Team. Probability of HIV-1 transmission per coital act in monogamous, heterosexual, HIV-1-discordant couples in Rakai, Uganda. *Lancet* 2001;357(9263):1149–53. [DOI](#)
25. Antabe R, Konkor I, McIntosh M, Lawson E, Husbands W, Wong J, Arku G, Luginaah I. "I went in there, had a bit of an issue with those folks": everyday challenges of heterosexual African, Caribbean and black (ACB) men in accessing HIV/AIDS services in London, Ontario. *BMC Public Health* 2021;21(1):315. [DOI](#)
26. Baidooobonso S, Bauer GR, Speechley KN, Lawson E; BLACCH Study Team. HIV risk perception and distribution of HIV risk among African, Caribbean and other Black people in a Canadian city: mixed methods results from the BLACCH study. *BMC Public Health* 2013;13:184. [DOI](#)
27. Baidooobonso S, Kihembo M, Nare H, Mbuagbaw L, Husbands W, Etowa J, Tharao W, Djiadeu P, Daboné C, Etowa E, Lawson D, Obiorah S, Ndung'u M, Ongoiba F, Inoua H, Odongo JK, Owino M, Nelson L, Gebremeskel A. A/C study community report: HIV among African, Caribbean, and Black people in Ontario. 2020. https://acstudy.ca/wp-content/uploads/2021/02/A_C_report2020.pdf
28. Baidooobonso S, Kihembo M, Nare H, Mbuagbaw L, Husbands W, Etowa J, Tharao W, Djiadeu P, Daboné C, Etowa E, Lawson D, Obiorah S, Ndung'u M, Ongoiba F, Inoua H, Odongo JK, Owino M, Nelson L, Gebremeskel A. Rapport Communautaire de l'étude A/C : Le VIH chez les Africains, Caribéennes et Noirs (ACN) en Ontario. 2020. https://acstudy.ca/wp-content/uploads/2021/02/E%CC%81TUDE_AC.pdf

Recevez le **RMTC** dans votre boîte courriel

- Connaître les tendances
- Recevoir les directives en matière de dépistage
- Être à l'affût des nouveaux vaccins
- Apprendre sur les infections émergentes
- Recevoir la table des matières directement dans votre boîte courriel

ABONNEZ-VOUS AUJOURD'HUI

Recherche web : RMTC+abonnez-vous

Q

Efficacité des interventions non pharmaceutiques pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2 au Canada et leur association avec les taux d'hospitalisation relatifs à la COVID-19

Erin E Rees^{1,2,3*}, Brent P Avery⁴, Hélène Carabin^{2,3,5}, Carolee A Carson⁴, David Champredon¹, Simon de Montigny^{2,6,7}, Brendan Dougherty⁴, Bouchra R Nasri^{3,6}, Nicholas H Ogden^{1,2,3}

Résumé

Contexte : Les interventions non pharmaceutiques (INP) visent à réduire l'incidence des infections causées par le coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2) en limitant principalement les contacts entre les personnes où la transmission du virus peut se produire. Cependant, les INP limitent les interactions sociales et entraînent des répercussions négatives sur le bien-être économique, physique, mental et social. Il est donc important d'évaluer l'incidence des INP sur la réduction du nombre de cas de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) et d'hospitalisations pour justifier leur utilisation.

Méthodes : Des modèles de régression dynamique qui tiennent compte de l'autocorrélation dans les données de séries chronologiques ont été utilisés avec des données provenant de six provinces canadiennes (Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec) pour évaluer 1) l'effet des INP (mesurés à l'aide d'un indice de rigueur) sur la transmission du SRAS-CoV-2 (mesurée par le taux de reproduction effectif) et 2) l'effet du nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19 sur l'indice de rigueur.

Résultats : L'indice de rigueur croissant a été associé à une diminution statistiquement importante de la transmission du SRAS-CoV-2 en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba, en Ontario et au Québec. L'effet de la rigueur sur la transmission a été décalé dans toutes ces provinces, sauf en Ontario. Dans toutes les provinces, sauf en Saskatchewan, l'augmentation des taux d'hospitalisation était associée à une augmentation statistiquement importante de l'indice de rigueur. L'effet de l'hospitalisation sur la rigueur était décalé dans le temps.

Conclusion : Ces résultats suggèrent que les INP ont été efficaces dans les provinces canadiennes et que leur mise en œuvre a été, en partie, une réponse à l'augmentation des taux d'hospitalisation des patients atteints de la COVID-19.

Citation proposée : Rees EE, Avery BP, Carabin H, Carson CA, Champredon D, de Montigny S, Dougherty B, Nasri BR, Ogden NH. Efficacité des interventions non pharmaceutiques pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2 au Canada et leur association avec les taux d'hospitalisation relatifs à la COVID-19. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(10):484–95. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a04f>

Mots-clés : interventions non pharmaceutiques, transmission du SRAS-CoV-2, taux d'hospitalisation relatif à la COVID-19, régression dynamique

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 (DSRSP), Laboratoire national de microbiologie, Agence de la santé publique du Canada, Saint-Hyacinthe, QC et Guelph, ON

² Groupe de recherche en épidémiologie des zoonoses et santé publique (GREZOSP), faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, QC

³ Centre de recherche en santé publique (CRéSP), Université de Montréal, Montréal, QC

⁴ Division de la surveillance des maladies d'origine alimentaire et de la résistance aux antimicrobiens, Centre des maladies infectieuses d'origine alimentaire, environnementale et zoonotique, Agence de la santé publique du Canada, Guelph, ON

⁵ Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal, Montréal, QC

⁶ École de santé publique, Université de Montréal, Montréal, QC

⁷ Centre de recherche du CHU Sainte-Justine, Université de Montréal, Montréal, QC

* Correspondance :

erin.rees@phac-aspc.gc.ca



Introduction

Des interventions non pharmaceutiques (INP) ont été mises en œuvre à l'échelle mondiale afin de réduire le coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2) et les niveaux d'infection, d'hospitalisation et de décès liés à la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19). Les interventions non pharmaceutiques ont été utilisées avant que les vaccins ne soient largement disponibles et, au moment de la rédaction du présent rapport, elles continuent d'agréments les efforts de vaccination. Les interventions non pharmaceutiques comprennent la détection et l'isolement des cas, la recherche et la quarantaine des contacts, les restrictions de voyage, les fermetures restrictives (restrictions de rassemblement, fermetures d'entreprises non essentielles et fermetures d'écoles), les couvre-feux et les mesures personnelles, y compris la distanciation physique et le port du masque. Les interventions non pharmaceutiques agissent en réduisant le taux de contacts entre les personnes (e.g. fermeture d'entreprises non essentielles) et en réduisant la probabilité de transmission lorsque des contacts se produisent (e.g. port du masque et distanciation physique). Les taux de contact et la probabilité de transmission sont des déterminants du taux de reproduction effectif, R_t , (i.e. le nombre moyen de cas secondaires générés par un individu infectieux typique au moment t dans une population avec un mélange atypique résultant d'une certaine immunité et d'INP) (1). Il a été démontré que la nature même des INP, qui visent à réduire les interactions sociales, a une incidence négative sur l'économie et le bien-être physique, mental et social de la population sous-jacente (2–4). Par conséquent, l'évaluation de l'incidence des INP pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2 est importante pour justifier et valider leur mise en œuvre. Une compréhension plus claire de l'efficacité des INP appuiera également les décisions à venir en matière de santé publique concernant leur utilisation en réponse aux potentielles vagues successives de COVID-19 et aux pandémies potentielles à venir avec des modes de transmission similaires.

Les articles précédents font état de données probantes sur l'efficacité des INP et sur leurs effets. Les interventions non pharmaceutiques sont associées à la réduction des taux de cas confirmés (5–7) et la puissance de leur efficacité augmente avec la mise en œuvre précoce plutôt que plus tard (8). Un examen récent suggère que la plupart des études indiquent que les INP sont efficaces (9). Les données probantes sur l'efficacité des INP sont principalement axées sur les types de mesures des INP et la façon dont leur efficacité varie (10–12). Par exemple, on n'a pas constaté que les restrictions des déplacements étaient associées à une réduction de l'incidence (13). De plus, les confinements n'étaient pas associés à une réduction de la prévalence et de la mortalité liées à la COVID-19 (14).

Même au Canada, les données probantes sur l'efficacité des INP varient. Les provinces et les territoires ont mis en œuvre les INP différemment au fil du temps en réponse à leur situation liée à la COVID-19. Les mesures prédominantes

comprenaient les fermetures d'écoles et de lieux de travail, les annulations d'événements publics, les restrictions relatives aux rassemblements, les exigences relatives au séjour à la maison, les restrictions relatives aux déplacements internes et interprovinciaux, les politiques de dépistage et le port du masque. Deux articles récents évaluant l'efficacité des INP ont utilisé une série normalisée d'indicateurs et d'indices composites élaborés par la *Blavatnik School of Government* de l'Université d'Oxford pour quantifier les INP au niveau provincial pendant la durée de la pandémie de COVID-19 (15). Dans une étude, on a constaté que l'indice de rigueur était associé à une diminution de la prévalence de la COVID-19 au cours des trois premières vagues en plus de l'incidence de la vaccination, mais qu'il n'était pas possible de démêler ces effets (16). Une autre étude portait principalement sur la période de prévacination de la pandémie et a constaté que l'effet de la rigueur à associer à une réduction de la croissance quotidienne des cas de COVID-19 était minime à inexistant, au cours des première et deuxième vagues (17).

On vise ici à améliorer la compréhension de l'efficacité—ou de l'inefficacité—des INP au Canada en évaluant individuellement les données de six provinces, compte tenu des variations régionales dans les vagues de COVID-19 au Canada. On s'est concentré sur les deux premières vagues de la pandémie. On a tenu compte des effets de confusion possibles qui auraient pu découler du déploiement de la première dose de vaccins et du premier variant préoccupant au cours des derniers mois de la période d'étude. On a évalué les associations avec les INP, mesurées à l'aide d'un indice de rigueur, en fonction de deux perspectives. Tout d'abord, on s'attendait à ce que 1) les INP réduisent la fréquence des contacts infectieux, mesurée par les taux de reproduction effectif (R_t) et 2) que l'incidence des INP soit retardée en fonction de la durée de la période d'incubation et des activités de surveillance (dépistage et signalement). Deuxièmement, on a évalué les données probantes disant que le renforcement des INP était en réponse à l'augmentation des taux d'hospitalisation, dans l'intention d'empêcher que les systèmes de soins de santé ne soient dépassés. Par conséquent, les objectifs de cette étude étaient de mesurer les associations, au niveau provincial, entre 1) l'indice de rigueur des INP, l'indice de rigueur (*sidx*) et la transmission du SRAS-CoV-2 (mesuré par le taux de reproduction effectif, R_t), et 2) le nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19 et l'intensité des INP mises en œuvre, mesurée par le *sidx*.

Méthodes

Conception de l'étude et population

Il s'agit d'une étude écologique qui utilise la province comme unité d'analyse. La période visée par l'étude était du 1^{er} avril 2020 au 31 mars 2021. Cette période exclut les trois premiers mois de 2020, avant que l'Organisation mondiale de la Santé ne déclare une pandémie mondiale, alors que les



autorités sanitaires provinciales étaient encore en train d'établir des protocoles de surveillance. De plus, la période d'étude comprend la période au cours de laquelle les INP ont été la principale méthode de contrôle de la COVID-19 — avant que la vaccination ait pu avoir une incidence importante sur la transmission du SRAS-CoV-2 au Canada ([moins de 2 % de la population était entièrement vaccinée au 31 mars 2021](#)), même si on en a tenu compte comme on le verra plus loin. La période d'étude a également comporté les deux premières vagues de la pandémie au Canada et une partie importante de la troisième vague. Dans cette analyse, les données de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba, de l'Ontario et du Québec ont été utilisées parce que ces provinces avaient la majorité des cas (18).

Mesure et définition de la transmission du SRAS-CoV-2

La transmission du SRAS-CoV-2 a été estimée à l'aide du taux de reproduction effectif R_t . Le R_t est le nombre moyen d'infections secondaires générées par un cas dans une population où certaines personnes sont immunisées et des mesures de contrôle peuvent être en place (1). La limite inférieure du R_t est de 0 avec un $R_t < 1$ indiquant une diminution de la transmission (i.e. que le nombre quotidien de nouveaux cas diminue), un $R_t = 1$ indiquant un taux de transmission stable (i.e. que l'infection est endémique) et un $R_t > 1$ indiquant une augmentation de la transmission (i.e. que l'infection se propage). Le R_t a été calculé à partir du nombre de nouvelles infections au SRAS-CoV-2 détectées et signalées par les provinces, comme il a été mentionné temporairement à la [date de signalement](#). La bibliothèque R EpiEstim (version 2.2.3), avec une fenêtre mobile de 10 jours sur les infections signalées, a été utilisée pour estimer le R_t (19). L'intervalle en série a été réglé à une moyenne de quatre jours et à un écart-type de 4,75 jours (20).

Mesure et définition de l'indice de rigueur

Une version adaptée de la méthodologie élaborée à la *Blavatnik School of Government* a été utilisée pour produire un ensemble de données infranationales canadiennes pour les INP mis en œuvre en réponse à la COVID-19. Les données ont été recueillies à partir de sources accessibles au public, comme des articles de presse, des communiqués de presse et des séances d'information du gouvernement. Ces sources ont été identifiées et codées à l'aide des indicateurs et du cahier de codes élaborés par l'*Oxford Covid-19 Government Response Tracker*, avec un indicateur supplémentaire en cours d'élaboration et encodé pour saisir les restrictions de voyage interprovinciales : 0 — Aucune restriction; 1 — Recommander de ne pas voyager entre les provinces ou les territoires; 2 — L'entrée dans la province ou le territoire en provenance de certaines provinces ou de certains territoires est restreinte (y compris la période de quarantaine requise); 3 — L'entrée dans la province ou le territoire de toutes les provinces ou de tous les territoires est restreinte (y compris la période de quarantaine requise). Chaque semaine, deux membres de l'équipe ont encodé les INP de façon indépendante pour chaque province et territoire. Les données encodées

provenant des deux codeurs ont ensuite été comparées et tout écart a été corrigé par un troisième membre de l'équipe.

La version infranationale canadienne de l'indice de rigueur d'Oxford comprenait les modifications suivantes. Premièrement, les indicateurs qui ne variaient pas dans le temps ou entre les provinces (i.e. les restrictions de voyage internationales, les campagnes fédérales d'information sur la santé publique, les fermetures de transports publics) ont été éliminés. Deuxièmement, on a ajouté des indicateurs qui peuvent influencer sur la transmission des infections au Canada (restrictions des déplacements interprovinciaux, politique de dépistage et politique sur le port du masque). Le *sidx* modifié a été calculé à l'aide de la même formule élaborée pour calculer l'[indice de rigueur d'Oxford](#), mais avec un ensemble différent d'indicateurs (tableau 1).

Tableau 1 : Comparaison entre l'indice de rigueur modifié et l'indice de rigueur d'Oxford

Nom de l'indicateur	Indice de rigueur d'Oxford	Indice de rigueur modifié
C1_Fermeture des écoles	Oui	Oui
C2_Fermeture du lieu de travail	Oui	Oui
C3_Annulation des événements publics	Oui	Oui
C4_Restrictions sur les rassemblements	Oui	Oui
C5_Fermeture des transports publics	Oui	Non
C6_Exigences en matière de maintien à domicile	Oui	Oui
C7_Restrictions pour les déplacements internes	Oui	Oui
C8_Contrôle des voyages internationaux	Oui	Non
H1_Campagnes d'information publique	Oui	Non
H2_Stratégie de dépistage	Non	Oui
H6_Couvre-visages	Non	Oui
X1 : Restriction des déplacements interprovinciaux	Non	Oui

Remarque : Oui, inclus dans l'indice de rigueur indiqué; Non, non inclus dans l'indice de rigueur indiqué

Mesure et définition du nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19

Le nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19, H , était le nombre quotidien déclaré publiquement par les provinces : [Ontario](#), [Alberta](#), [Québec](#), [Colombie-Britannique](#), [Saskatchewan](#) et [Manitoba](#).

Modèle statistique

Une approche de régression dynamique a été utilisée pour mesurer les associations entre le *sidx* et le R_t (i.e. l'objectif de l'étude 1) et le *sidx* et le H (i.e. l'objectif de l'étude 2). Les résultats, le R_t ou le *sidx*, ont été modélisés par des processus non stationnaires avec la moyenne dépendante du temps ainsi que la variance et l'information provenant d'observations



antérieures. Étant donné que l'analyse de régression classique des données non stationnaires peut donner lieu à des estimations des paramètres de modèle non stationnaires, cette étude a utilisé une approche de modélisation autorégressive à moyenne mobile intégrée (ARIMA) (21). Plus précisément, une version étendue du modèle ARIMA (ARIMAX) a été utilisée de telle sorte que les résultats de la série dépendante du temps, y_t , a été modélisée en fonction de variables explicatives k ($x_{1t}, \dots, x_{kt}$) en tenant compte des renseignements provenant de l'observation antérieure :

$$\nabla^d y_t = \nabla^d y_{t-1} * \theta_1 + \nabla^d y_{t-2} * \theta_2 + \dots + \nabla^d y_{t-p} * \theta_p + \beta_1 * x_{1t} + \beta_2 * x_{2t} + \dots + \beta_k * x_{kt} + \varepsilon_t + \alpha_1 * \varepsilon_{t-1} + \dots + \alpha_q * \varepsilon_{t-q}$$

où le terme de bruit de fond ε_t est Gaussien avec la moyenne 0 et la variance σ^2 et ∇^d est l'opérateur de différenciation et d est le degré de différenciation. Lorsque $d = 1$, le modèle est $\nabla^1 y_t = y_t - y_{t-1}$ et lorsque $d = 2$, $\nabla^2 y_t = \nabla^1(\nabla^1 y_t) = \nabla^1(y_t - y_{t-1}) = (y_t - y_{t-1}) - (y_{t-1} - y_{t-2}) = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$. De plus, p est le nombre de termes autorégressifs (AR) de $\nabla^d y_t$ et q est le nombre de termes de moyenne mobile (MM). Enfin, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p, \beta_1, \dots, \beta_k, \alpha_1, \dots, \alpha_q, \sigma$ sont les paramètres du modèle. Dans l'ensemble, le modèle est représenté par ARIMAX (p, d, q), respectivement. Les modèles ARIMAX ont été élaborés à l'aide de la fonction `auto.arima` du progiciel de prévision pour le logiciel statistique R (22–24). Cette fonction trouve le meilleur modèle approprié tout en tenant compte de l'autocorrélation à l'aide des termes d'AR, des termes de différenciation et des termes de MM. La fonction `auto.arima` sélectionne le modèle qui convient le mieux aux modèles candidats dont le nombre de termes d'AR et de MM diffère en réduisant au minimum le critère d'information d'Akaike pour les échantillons de petite taille.

Création et sélection de modèles

Après le décalage temporel des variables explicatives (i.e. le sid_x et le H ; voir ci-dessous), la moyenne des données a été calculée pour des périodes de sept jours sans chevauchement. Cela réduit le bruit qui peut se produire dans les données sur la santé pour les facteurs sociaux (e.g. organisation de la surveillance et de l'hôpital) au niveau hebdomadaire tel qu'observé dans les données et ne provoque pas plus d'autocorrélation en utilisant une approche moyenne mobile avec des périodes de chevauchement (25). L'analyse statistique a été effectuée au niveau provincial. La formulation générale des modèles candidats pour l'objectif 1 était la suivante : $R_t \sim sid_x$, et pour l'objectif 2, elle était la suivante : $sid_x \sim H$. Dans les deux cas, les effets des variables explicatives ont également été évalués avec des décalages temporels aux septième et 14^e jours. La variation de la durée des délais permet de déterminer le temps pendant lequel un changement dans le sid_x a une incidence plus élevée sur le R_t (modèle pour l'objectif 1) ou le temps pendant lequel un changement dans les hospitalisations influe le plus sur la puissance des INP (modèle pour l'objectif 2). La variation de la durée des décalages permet également de tenir compte des différences probables entre les administrations quant à la vitesse à laquelle les cas et les hospitalisations sont signalés. Les modèles ajustés ont été ignorés si l'hétéroscédasticité conditionnelle autorégressive restait dans les résidus, comme

analysés à l'aide du test de McLeod-Li, et permettait jusqu'à deux violations pour une évaluation sur cinq périodes de décalage (26).

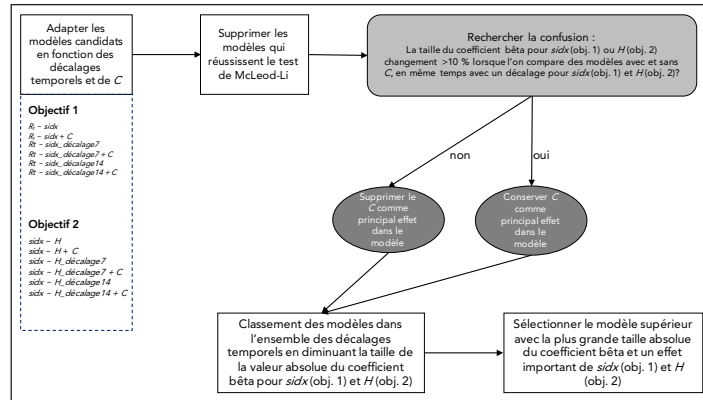
Pour l'élaboration du modèle, on envisage également la possibilité d'effets de confusion du variant préoccupant Alpha ayant un taux de transmission plus élevé (B.1.1.7), les mois d'hiver entraînant des contacts plus étroits à mesure que les gens passent plus de temps à l'intérieur (27) ainsi que le début de la vaccination qui peuvent tous être associés aux expositions d'intérêt (sid_x ou H) et aux résultats (R_t et sid_x). En effet, une augmentation du R_t et du H a été observée à la fin de la période d'étude. La période d'étude n'a pas été assez longue pour démêler les effets de confusion potentiels qui ne se chevauchent pas entièrement (i.e. la vaccination de janvier à mars 2021 et l'augmentation de la dominance du variant Alpha principalement en mars 2021) et la période d'étude ne contient qu'un hiver allant de la fin de décembre 2020 à mars 2021. On a donc décidé d'utiliser une période de temps comme indicateur combinant les trois effets et le temps réparti entre la période précédant la vaccination, le variant Alpha et l'hiver (d'avril à décembre 2020; codée $C = 0$) et la période où la vaccination, le variant Alpha et l'hiver étaient présents (de janvier à mars 2021; codée $C = 1$). On a effectué une analyse en fonction de la confusion en évaluant si le changement du coefficient bêta de sid_x était supérieur à 10 % entre les formules de modèle $R_t \sim sid_x$ et $R_t \sim sid_x + C$, pour chaque décalage temporel du sid_x . S'il y avait confusion, on a conservé le modèle avec C , sinon on a conservé le modèle univariable avec le sid_x . On a ensuite classé les modèles retenus selon les décalages temporels, et sans décalage temporel, selon la taille décroissante du coefficient bêta pour le sid_x , qui représente la taille de l'effet variable sur la variable de résultat. Les modèles finaux ont été sélectionnés si l'effet de sid_x était important à une valeur p de 0,05 (**figure 1**). Pour le deuxième objectif, nous utilisons la même approche en fonction des formules du modèle de $sid_x \sim H$ et de $sid_x \sim H + C$. Dans les résultats du modèle des deux objectifs, on présente le critère d'information bayésienne (CIB), qui a été calculé en fonction de la probabilité maximale pour chaque modèle, afin de permettre des comparaisons entre plusieurs modèles de la même province (28). Les valeurs inférieures de CIB indiquent un modèle plus parcimonieux adapté aux données. Une différence dans le CIB (ΔCIB) de deux ou moins indique que les deux modèles sont également efficaces pour appuyer le meilleur modèle (29).

Résultats

Les variations temporelles de R_t , de sid_x et de H étaient semblables dans les provinces au cours de la période étudiée (**figure 2**). Sur le plan visuel, le sid_x et le R_t étaient associés négativement (**figure 3**), tandis que le H et le sid_x semblaient associés positivement (**figure 4**). Pour l'objectif 1, on a constaté que le sid_x était associé de manière importante et négative au R_t dans toutes les provinces, sauf en Colombie-Britannique. L'Alberta, la Saskatchewan, l'Ontario et le Québec avaient un

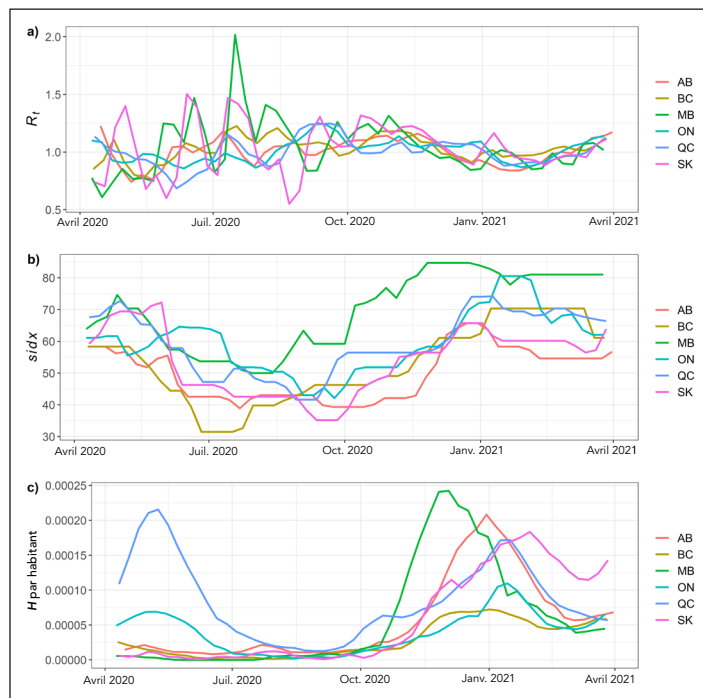
dernier modèle sélectionné, tandis que le Manitoba en avait trois, le modèle le plus sélectionné ayant un décalage de sept jours pour le *sidx*. Pour les autres provinces, les effets du *sidx* ont été décalés à 14 jours pour l'Alberta et le Québec, de sept jours pour la Saskatchewan, mais sans décalage pour l'Ontario (tableau 2).

Figure 1 : Résumé des approches de sélection des modèles et de l'élaboration des modèles qui s'appliquent séparément pour chaque province et chaque objectif



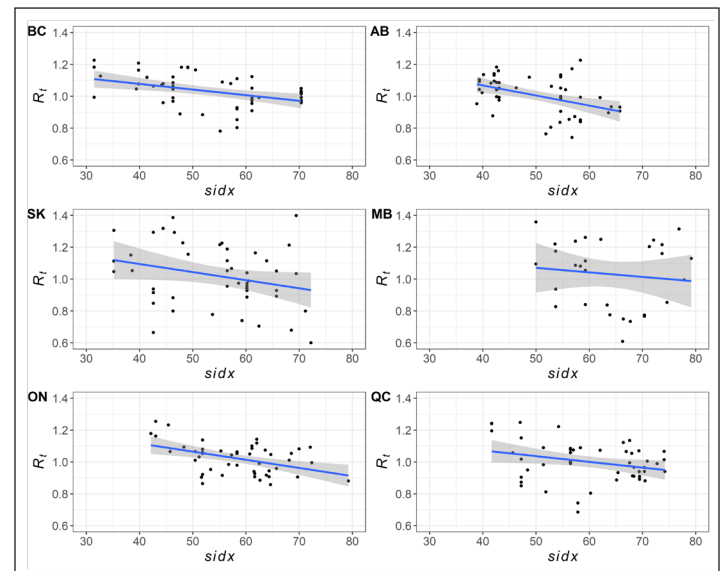
Abbréviations : C, période de temps avec effets combinés de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver; décalage7, décalage temporel de sept jours; décalage14, décalage temporel de 14 jours; H_t , nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19; obj, objectif; R_t , taux de reproduction effectif; *sidx*, indice de rigueur

Figure 2 : Série chronologique de la période d'étude au niveau provincial^a



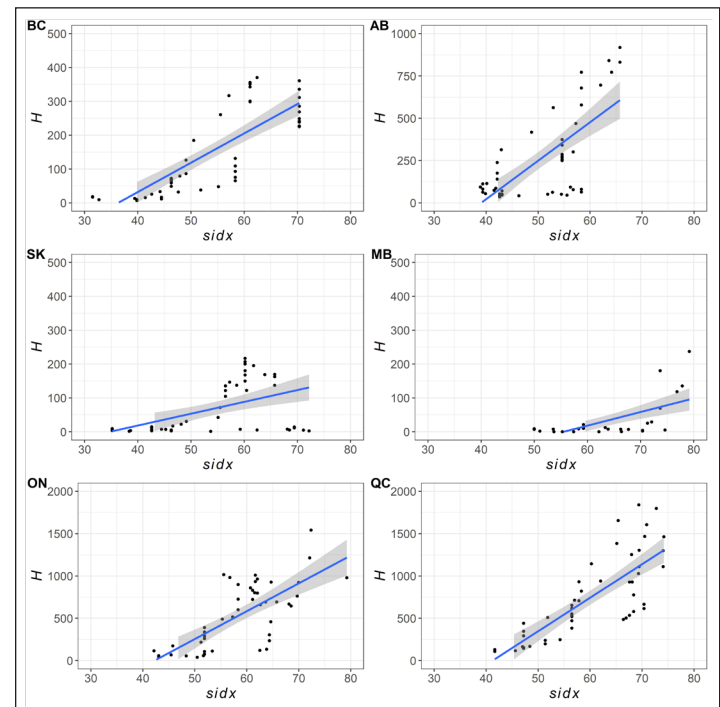
Abbréviations : AB, Alberta; BC, Colombie-Britannique; H_t , nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19; MB, Manitoba; ON, Ontario; QC, Québec; R_t , taux de reproduction effectif; SK, Saskatchewan
^a Série chronologique de la période d'étude au niveau provincial pour a) le taux de reproduction effectif, R_t , b) la rigueur des INP, *sidx*, et c) le nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19, H_t , par habitant, aux fins de comparaison visuelle. Les données sont présentées selon une moyenne par semaine

Figure 3 : Tracé de la rigueur des interventions non pharmaceutiques par rapport au taux de reproduction effectif dans six provinces au Canada^a



Abbréviations : AB, Alberta; BC, Colombie-Britannique; MB, Manitoba; ON, Ontario; QC, Québec; R_t , taux de reproduction effectif; *sidx*, indice de rigueur; SK, Saskatchewan
^a Les données sont présentées selon une moyenne par semaine. Une droite d'ajustement tracée entre le *sidx* et le R_t avec des erreurs-types est incluse pour mettre en évidence la tendance entre les deux variables

Figure 4 : Tracé de la rigueur des interventions non pharmaceutiques par rapport au nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19 dans six provinces au Canada^a



Abbréviations : AB, Alberta; BC, Colombie-Britannique; H_t , nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19; MB, Manitoba; ON, Ontario; QC, Québec; *sidx*, indice de rigueur; SK, Saskatchewan
^a Les données sont présentées selon une moyenne par semaine. Une droite d'ajustement tracée entre le *sidx* et le H avec des erreurs-types est incluse pour mettre en évidence la tendance entre les deux variables

Tableau 2 : Résultats des modèles finaux sélectionnés au niveau provincial pour l'objectif 1 de l'étude^{a,b}

Province	Variables du modèle	CIB	M-Li	nV	sidx				C				nObs
					β	IC bas	IC élevé	valeur p	β	IC bas	IC élevé	valeur p	
Colombie-Britannique	<i>sidx_décalage14</i>	-116,8	0	5	-6,06E-03	-1,37E-02	1,54E-03	1,18E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	50
	<i>sidx_décalage7</i>	-115,6	1	2	-3,83E-03	-1,07E-02	3,02E-03	2,73E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	50
	<i>sidx</i>	-115,2	1	1	-3,23E-03	-1,02E-02	3,70E-03	3,61E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	50
Alberta	<i>sidx + C</i>	-114,9	1	2	-9,16E-04	-7,94E-03	6,11E-03	7,98E-01	-2,80E-02	-1,27E-01	7,08E-02	5,78E-01	51
	<i>sidx_décalage14</i>	-125,2	1	0	-7,30E-03	-1,19E-02	-2,66E-03	2,04E-03	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	<i>sidx_décalage7 + C</i>	-115,1	1	0	2,70E-03	-6,74E-03	1,21E-02	5,75E-01	-4,04E-02	-1,42E-01	6,10E-02	4,34E-01	51
Saskatchewan	<i>sidx_décalage14</i>	-17,1	1	2	-2,78E-03	-1,06E-02	5,03E-03	4,85E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	<i>sidx</i>	-18,24	1	1	-4,98E-03	-1,25E-02	2,55E-03	1,95E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	<i>sidx_décalage7</i>	-20,61	1	0	-7,83E-03	-1,55E-02	-1,80E-04	4,48E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
Manitoba	<i>sidx_décalage7</i>	-8,776	1	0	-8,14E-03	-1,49E-02	-1,40E-03	1,80E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	<i>sidx</i>	-8,04	1	0	-7,62E-03	-1,44E-02	-8,74E-04	2,68E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	<i>sidx_décalage14</i>	-7,489	1	0	-7,12E-03	-1,40E-02	-2,86E-04	4,11E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
Ontario	<i>sidx + C</i>	-148,5	1	0	-4,30E-03	-8,51E-03	-8,79E-05	4,54E-02	-9,67E-02	-1,92E-01	-1,18E-03	4,72E-02	51
	<i>sidx_décalage7 + C</i>	-149,6	1	0	-2,20E-03	-6,25E-03	1,84E-03	2,86E-01	-3,72E-02	-1,20E-01	4,53E-02	3,77E-01	51
	<i>sidx_décalage14 + C</i>	-145,5	1	0	-1,01E-03	-5,32E-03	3,30E-03	6,46E-01	-4,83E-02	-1,33E-01	3,66E-02	2,65E-01	51
Québec	<i>sidx_décalage14</i>	-149,2	1	0	-7,66E-03	-1,30E-02	-2,29E-03	5,20E-03	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	<i>sidx_décalage7 + C</i>	-138,6	1	0	-2,42E-03	-8,34E-03	3,50E-03	4,22E-01	-1,63E-02	-8,34E-02	5,08E-02	6,33E-01	51
	<i>sidx</i>	-141,9	1	0	-2,15E-03	-7,75E-03	3,46E-03	4,53E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51

Abréviations : C, période de temps avec effets combinés de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver; CIB, critère d'information bayésienne; décalage7, décalage de temps de sept jours; décalage14, décalage de temps de 14 jours; IC, intervalle de confiance à 95 %; M-Li, test de McLeod-Li; nObs, nombre d'observations pour l'ajustement du modèle; nV, nombre de violations au test de McLeod-Li; R_t , taux de reproduction effectif; *sidx*, indice de rigueur; s.o., sans objet

^a Résultats des modèles sélectionnés finaux au niveau provincial pour l'objectif d'étude 1 de la formulation du modèle général : $R_t \sim \text{sidx}$ et évaluation de la confusion provenant de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver

^b Les modèles surlignés en gris étaient importants à la valeur de $p \leq 0,05$ et réussissent le test de McLeod-Li avec deux violations ou moins. Les modèles sont classés en fonction de la valeur absolue du coefficient bêta pour le *sidx*. Les estimations du modèle sont présentées pour les coefficients bêta, les intervalles de confiance à 95 % et la valeur p

Pour l'objectif 2, on a constaté que *H* était important et associé de manière positive au *sidx* dans toutes les provinces, sauf en Saskatchewan. En Colombie-Britannique, deux modèles avaient en fait un soutien égal pour les effets décalés de *H* à sept et 14 jours, bien que la taille de l'effet de *H* soit plus importante à 14 jours. L'Alberta avait également deux modèles avec un soutien tout aussi efficace pour *H* à 0 et à sept jours. La taille de l'effet était plus importante à sept jours. Pour le Manitoba, il n'y avait qu'un seul modèle avec un effet important du *H*, qui était décalé à sept jours. L'Ontario et le Québec avaient deux modèles avec des effets importants de *H*. Pour l'Ontario, *H* était décalé à sept et 14 jours, la taille de l'effet étant plus importante à 14 jours. Au Québec, la taille de l'effet était la plus élevée dans le modèle sans décalage temporel de *H*, comparativement à un modèle avec décalage de sept jours (tableau 3).

L'analyse suggère qu'il y a peu de données probantes pour confondre les effets de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver, comme le modélise le C, sur les variables de résultat. Pour l'objectif 1, il n'y avait qu'un seul modèle, comme on l'a constaté pour l'Ontario, avec une marge d'effet importante sur le R_t qui comprenait également un effet important de C. Tous les autres modèles avec des effets importants du *sidx* n'ont pas retenu le C (tableau 2). Pour l'objectif 2, il n'y avait que deux modèles, comme ceux de l'Alberta et du Québec, qui avaient un effet important du *H* sur le *sidx* et qui ont conservé la variable pour le C (tableau 3). Toutefois, dans les deux cas, l'effet du C n'était pas important.

Les résultats complets du modèle, avec les termes d'AR et de MM, sont fournis dans la documentation supplémentaire pour les modèles finaux qui contiennent un effet important du *sidx* sur le R_t pour l'objectif 1 et du *H* sur le *sidx* pour l'objectif 2, à une valeur de $p \leq 0,05$ (appendice).

Discussion

Cette étude a utilisé une approche de régression dynamique pour évaluer l'incidence des INP mesurée par l'indice infranational de sévérité canadien, le *sidx*, afin de réduire la transmission du SRAS-CoV-2 mesurée par le R_t et d'examiner la possibilité que le nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19, *H*, dirige le niveau du *sidx*. Les résultats fournissent des données empiriques sur les associations que le *sidx* a avec le R_t et le *H* au niveau provincial au Canada. Il existe déjà des données empiriques sur l'effet des INP pour réduire le fardeau de la COVID-19 dans d'autres pays (5–7,9), mais au moment de la rédaction du présent rapport, cet effet était moins compris au Canada, les études faisant état de variations par rapport à l'absence d'effet des INP (16,17,30,31).

La stratification de l'analyse par province a facilité l'interprétation des effets de *sidx* et de *H*, compte tenu des différences interprovinciales dans les activités de dépistage et les stratégies d'atténuation. À l'échelle provinciale, les résultats statistiques suggèrent que, pour la plupart des provinces,

Tableau 3 : Résultats des modèles finaux sélectionnés au niveau provincial pour l'objectif 2 de l'étude^{a,b}

Province	Variables du modèle	CIB	M-Li	nV	H				C				nObs
					β	IC bas	IC élevé	valeur p	β	IC bas	IC élevé	valeur p	
Colombie-Britannique	H_décalage14	260,3	1	0	6,44E-02	1,41E-02	1,15E-01	1,21E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H_décalage7	261,9	1	0	5,41E-02	1,87E-03	1,06E-01	4,23E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H	265,2	1	0	2,34E-02	-2,73E-02	7,40E-02	3,66E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
Alberta	H_décalage7 + C	233,8	1	0	2,70E-02	1,50E-02	3,90E-02	1,02E-05	-4,48	-8,97	1,17E-02	5,06E-02	50
	H	231,1	1	0	2,60E-02	1,42E-02	3,78E-02	1,58E-05	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	50
	H_décalage14	242,5	1	0	1,45E-02	1,26E-03	2,77E-02	3,18E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	50
Saskatchewan	H_décalage7 + C	278,7	1	0	2,35E-02	-7,84E-02	1,25E-01	6,51E-01	2,12	-3,93	8,18	4,91E-01	50
	H + C	278,8	1	0	1,88E-02	-7,87E-02	1,16E-01	7,05E-01	2,68	-3,26	8,63	3,76E-01	50
	H_décalage14 + C	278,9	1	0	1,63E-03	-1,01E-01	1,04E-01	9,75E-01	2,47E	-3,49	8,43	4,16E-01	50
Manitoba	H_décalage7	233,4	1	0	2,88E-02	2,70E-04	5,73E-02	4,79E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H_décalage14	236,1	1	0	1,49E-02	-1,45E-02	4,42E-02	3,20E-01	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H + C	254	1	0	7,63E-03	-2,26E-02	3,79E-02	6,21E-01	-2,04	-5,96	1,88	3,08E-01	51
Ontario	H_décalage14	266	1	0	1,55E-02	7,74E-03	2,32E-02	8,77E-05	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H_décalage7	269,1	1	0	1,40E-02	5,78E-03	2,23E-02	8,52E-04	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H	273,8	1	0	1,02E-02	-4,22E-04	2,08E-02	5,98E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
Québec	H + C	243,5	1	0	8,36E-03	1,29E-03	1,54E-02	2,05E-02	-2,48	-5,29	3,36E-01	8,44E-02	51
	H_décalage7	229,9	1	0	6,90E-03	4,02E-04	1,34E-02	3,74E-02	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	51
	H_décalage14 + C	247,5	1	0	3,13E-03	-3,51E-03	9,77E-03	3,55E-01	-2,34	-4,84	1,68E-01	6,75E-02	51

Abréviations : β , coefficient bêta de la variable; C, période de temps avec effets combinés de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver; CIB, critère d'information bayésienne; décalage7, décalage de temps de sept jours; décalage14, décalage de temps de 14 jours; H, nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19; IC, intervalle de confiance à 95 %; M-Li, test de McLeod-Li; nObs, nombre d'observations pour l'ajustement du modèle; nV, nombre de violations au test de McLeod-Li; *sid*x, indice de rigueur; s.o., sans objet

^a Résultats des modèles sélectionnés finaux au niveau provincial pour l'objectif d'étude 2 de la formulation du modèle général : $sidx \sim H$ et évaluation de la confusion provenant de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver

^b Les modèles surlignés en gris étaient importants à la valeur de $p \leq 0,05$ et réussissent le test de McLeod-Li avec deux violations ou moins (nV). Les modèles sont classés en fonction de la valeur absolue du coefficient bêta pour le nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19. Sont également indiqués les intervalles de confiance à 95 % pour le coefficient bêta

l'augmentation de *sid*x a eu un effet important et décalé dans le temps pour la réduction du R_t . Même si l'effet de *sid*x était négatif, il n'est pas associé de manière importante au R_t pour la Colombie-Britannique (où le *sid*x et le R_t ont une relation globalement négative pour toutes les provinces [figure 3]). Pour le deuxième objectif, l'augmentation de H était associée de manière importante à l'augmentation de *sid*x, avec un effet décalé dans le temps, dans toutes les provinces, à l'exception de la Saskatchewan. Pour la Saskatchewan, l'effet de H sur le *sid*x était positif, mais sans importance (lorsque le *sid*x et le H présentaient une association globalement positive pour toutes les provinces [figure 4]). Pour les deux objectifs, il y a eu des incohérences interprovinciales dans la longueur des effets décalés de *sid*x (objectif 1) et de H (objectif 2). Il est possible que les incohérences soient liées aux différences provinciales dans les rapports et la conformité aux INP. La proportion de cas déclarés peut varier d'une province à l'autre et parmi les provinces (32). Cela peut être causé par 1) des différences dans les critères et les taux de dépistage et 2) une sous-déclaration en raison de facteurs sociodémographiques qui influent à la fois sur la volonté de se faire dépister et l'accès aux centres de dépistage provinciaux (33,34). Les critères de dépistage ont changé au fil du temps et ils diffèrent d'une province à l'autre. Proportionnellement, peu de personnes asymptomatiques étaient susceptibles de subir un test de dépistage, sauf celles

œuvrant dans les soins de santé, les soins de longue durée et à certains moments où les ressources permettaient d'élargir les critères de dépistage de la population par le retraçage des contacts (32). Les incohérences dans les rapports réduiraient la précision du R_t pour représenter le niveau réel de transmission et réduiraient ainsi la capacité de détecter une association entre le *sid*x et le R_t . L'absence d'effet détectable du H sur le *sid*x pour la Saskatchewan peut être liée à la variation interprovinciale de l'éclosion, en ce sens que le nombre réel de cas était surtout plus faible en Saskatchewan pour la période étudiée, comparativement aux autres provinces plus grandes.

L'interprétation des effets décalés dans le temps de *sid*x sur le R_t exige également la prise en compte du calcul du R_t , qui a utilisé la date des signalements de cas. La période d'incubation combinée de l'infection (35), le temps écoulé entre le début des symptômes et l'obtention d'un résultat positif au moyen du test de réaction en chaîne de la polymérase, puis le temps écoulé entre la détection du cas et le signalement du cas, ont été estimés à l'interne par l'Agence de la santé publique du Canada pour une période atteignant jusqu'à 14 jours. Cela signifie que le R_t utilisé dans cette étude est une mesure décalée du taux de transmission pour un jour donné. Par conséquent, les effets décalés dans le temps de *sid*x sur le R_t que nous avons constatés dans cette étude, soit de sept à 14 jours, pourraient en fait être



la détermination des effets plus rapides des mesures de santé publique sur la transmission.

Les études de modélisation suggèrent que la mise en œuvre précoce des INP restrictives est optimale pour maximiser leur effet et réduire au minimum leur durée (36). Cependant, l'effet décalé de H sur le sid_x suggère que les provinces ont mis en œuvre et renforcé les INP en réponse à un nombre croissant de patients hospitalisés en raison de la COVID-19 plutôt qu'à titre préventif.

Les études de modélisation ont d'abord suggéré que des fermetures restrictives ne seraient pas nécessaires pour contrôler l'éclosion de COVID-19 au Canada avec détection de cas et isolement, suivi du retraçage des contacts et de la mise en quarantaine (dépistage et retraçage), combinées à des mesures de distanciation physique (37–39). Manifestement, la résurgence répétée de l'épidémie, combinée aux résultats présentés ici, suggère que la capacité de dépistage et de retraçage n'a pas été suffisante et que des fermetures restrictives (qui comprennent la plupart des composantes de sid_x) ont dû être mises en œuvre pour contrôler la pandémie.

On n'a pas trouvé de données probantes solides de confusion. Cela peut être dû en partie à la variable de substitution combinant des effets qui devaient différer dans la direction de leur association, de sorte que la vaccination devrait réduire le R_t , tandis que le variant Alpha et le fait de passer plus de temps passé à l'intérieur pendant l'hiver devraient être associés à une augmentation du R_t . L'analyse a été effectuée à l'aide de données antérieures la vaccination importante de la population canadienne, de sorte qu'il est probable que les relations élucidées fournissent des données probantes d'associations véritables entre les cas, les hospitalisations et les INP.

Points forts et limitates de l'étude

Le point fort de l'étude repose en grande partie sur l'approche statistique et la structure du modèle. Une étude semblable évaluant l'incidence des INP utilisant la rigueur comme mesure composite sur le taux de croissance quotidien des cas n'a pas permis de déterminer une association significative au cours d'une période d'étude similaire allant de février 2020 à février 2021 (17). On fait valoir que la structure du modèle est mieux adaptée aux données non stationnaires dépendantes du temps en tenant compte de la dynamique temporelle complexe des séries chronologiques à l'aide des termes de MM et d'AR (40). Vickers *et al.* (17) ont utilisé un effet aléatoire qui ne peut tenir compte que de l'autocorrélation au cours de périodes définies. En utilisant des fonctions autorégressives, on a pu tenir compte de toute dépendance sérielle dans les données tout au long de la période d'étude. Le test de McLeod-Li a validé l'efficacité de la structure du modèle (26). De plus, au moyen de cette structure de modèle, on pourrait utiliser des effets fixes pour évaluer les effets décalés dans le temps de sid_x , contrairement à l'approche de Vickers *et al.* (17). Enfin, il s'agit de la première étude qui met

explicitement à l'épreuve l'effet que H peut avoir sur la mise en œuvre de sid_x au niveau des points forts et du temps.

L'une des limites importantes de notre étude est que les indices de rigueur, tels qu'ils ont été élaborés par la *Blavatnik School of Government*, et comme ils ont été adaptés pour cette étude, ne tiennent pas compte de la conformité du public (15), dont dépend le succès des INP à réduire le fardeau de la COVID-19. Des différences interprovinciales dans le niveau de conformité du public aux INP étaient présentes pendant la période d'étude. L'analyse des données de l'enquête au cours de la période visée par la présente étude indique que la conformité aux INP a tendance à être plus faible en Alberta et en Saskatchewan et plus élevée en Ontario et au Québec (41,42). De plus, le niveau de conformité du public est influencé par la capacité des gouvernements à communiquer clairement l'importance d'avoir des INP, la rapidité de leur mise en œuvre, la clarté et l'uniformité de l'application de la loi, ainsi que la compréhension et les attitudes du public à l'égard des INP (43–46). Au Canada, les soins de santé publique sont le mandat des gouvernements provinciaux et les caractéristiques sociodémographiques varient d'une province à l'autre, de sorte que la prise en compte des différences dans les rapports et de la conformité au niveau provincial devrait renforcer les associations de sid_x avec le R_t et de sid_x avec le H .

Une autre limite découle du fait que sid_x est un indice composite dérivé de multiples INP sans pondération de la puissance de leur contribution à limiter les contacts infectieux. L'analyse des données canadiennes démontre que l'efficacité des INP dépend du type de mesure (30,31). Une meilleure compréhension de la mesure des INP au niveau individuel serait bénéfique à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques pour l'utilisation d'une mesure contre la COVID-19 ou d'autres maladies respiratoires entraînant des répercussions semblables ou importantes sur la santé publique.

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que les INP, mesurées par un indice de rigueur composite, sont associées à la réduction des cas au Canada; alors que la puissance de la rigueur des INP était en partie attribuable au nombre de patients hospitalisés en raison de la COVID-19. Le calendrier des INP, mesuré par le décalage latéral à 0, 7 et 14 jours, pour réduire la transmission du SRAS-CoV-2, mesuré par le nombre de reproductions efficace, n'était pas uniforme dans les provinces étudiées. Cela peut être causé par des différences interprovinciales dans la déclaration des cas de COVID-19 et le niveau de conformité de la population aux INP. Les travaux à venir devraient mettre l'accent sur ces facteurs, en particulier l'effet des INP sur la réduction de la transmission du SRAS-CoV-2 tel que modifié par des mesures de conformité et l'évaluation des effets variables des INP individuelles.



Déclaration des auteurs

E. E. R. — Conception de l'étude, analyse des données, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit, examen critique du manuscrit

B. P. A. — Conception de l'étude, élaboration de l'indice de rigueur adapté au contexte canadien, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit

H. C. — Interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit, examen critique du manuscrit

C. A. C. — Élaboration de l'indice de rigueur adapté au contexte canadien, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit

D. C. — Conception de l'étude, calcul de la mesure du taux de transmission du SRAS-CoV-2, analyse des données, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit

S. M. — Fourniture des conseils statistiques, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit, examen critique du manuscrit

B. D. — Conception de l'étude, élaboration de l'indice de rigueur adapté au contexte canadien, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit

B. R. N. — Fourniture des conseils statistiques, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit, examen critique du manuscrit

N. H. O. — Conception de l'étude, interprétation des résultats, rédaction et révision du manuscrit, examen critique du manuscrit

Tous les auteurs ont approuvé la version finale du manuscrit.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Nous remercions les organismes de santé publique des grandes provinces qui ont fourni les données de surveillance. Nous tenons également à remercier C. Primeau, L. Sherk, C. Uhland, K. Young et H. Ziraldo pour leur contribution à la collecte et à l'encodage des données afin de générer l'ensemble de données infranationales canadiennes pour les INP au cours de la période visée par l'étude. Merci beaucoup à l'équipe de synthèse des connaissances de la Division de la science des risques pour la santé publique du Laboratoire national de microbiologie pour son appui à l'analyse documentaire.

Financement

Ces travaux ont été soutenus par l'Agence de la santé publique du Canada.

Références

1. Mercer GN, Glass K, Becker NG. Effective reproduction numbers are commonly overestimated early in a disease outbreak. *Stat Med* 2011;30(9):984–94. [DOI](#)
2. Harling G, Gómez-Olivé FX, Tlouyamma J, Mutevedzi T, Kabudula CW, Mahlako R, Singh U, Ohene-Kwofie D, Buckland R, Ndagurwa P, Gareta D, Gunda R, Mngomezulu T, Nxumalo S, Wong EB, Kahn K, Siedner MJ, Maimela E, Tollman S, Collinson M, Herbst K. Protective behaviors and secondary harms resulting from nonpharmaceutical interventions during the COVID-19 epidemic in South Africa: Multisite, prospective longitudinal study. *JMIR Public Heal Surveill* 2021;7(5):1–17. [DOI](#)
3. 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](#)
4. Pierce M, Hope H, Ford T, Hatch S, Hotopf M, John A, Kontopantelis E, Webb R, Wessely S, McManus S, Abel KM. Mental health before and during the COVID-19 pandemic: a longitudinal probability sample survey of the UK population. *Lancet Psychiatry* 2020;7(10):883–92. [DOI](#)
5. Yang C, Chen X, Chang C-P, Chen D, Hao Y. What is the relationship between government response and COVID-19 pandemics ? Global evidence of 118 countries. *Struct Chang Econ Dyn* 2021;59:98–107. [DOI](#)
6. García-García D, Herranz-Hernández R, Rojas-Benedicto A, León-Gómez I, Larrauri A, Peñuelas M, Guerrero-Vadillo M, Ramis R, Gómez-Barroso D. Assessing the effect of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 transmission in Spain, 30 August 2020 to 31 January 2021. *Euro Surveill* 2022;27(19):2100869. [DOI](#)
7. Wong MC, Huang J, Teoh J, Wong SH. Evaluation on different non-pharmaceutical interventions during COVID-19 pandemic: An analysis of 139 countries. *J Infect* 2020;81:e70–1. [DOI](#)
8. Amuedo-Dorantes C, Kaushal N, Muchow AN. Is the Cure Worse than the Disease? County-Level Evidence from the COVID-19 Pandemic in the United States. Germany: IZA Institute of Labor Economics; Sept 2020. <https://www.iza.org/publications/dp/13695/is-the-cure-worse-than-the-disease-county-level-evidence-from-the-covid-19-pandemic-in-the-united-states>
9. Mendez-Brito A, El Bcheraoui C, Pozo-Martin F. Systematic review of empirical studies comparing the effectiveness of non-pharmaceutical interventions against COVID-19. *J Infect* 2021;83(3):281–93. [DOI](#)



10. Huy LD, Nguyen NTH, Phuc PT, Huang C-C. The Effects of Non-Pharmaceutical Interventions on COVID-19 Epidemic Growth Rate during Pre- and Post-Vaccination Period in Asian Countries. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(1139). DOI
11. Goscé L, Phillips A, Spinola P, Gupta RK, Abubakar I. Modelling SARS-COV2 Spread in London: Approaches to Lift the Lockdown. *J Infect* 2020;81:260–5. DOI
12. Pozo-Martin F, Weishaar H, Cristea F, Hanefeld J, Bahr T, Schaade L, El Bcheraoui C. The impact of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 epidemic growth in the 37 OECD member states. *Eur J Epidemiol* 2021;36:629–40. DOI
13. García-García D, Herranz-Hernández R, Rojas-Benedicto A, León-Gómez I, Larrauri A, Peñuelas M, Guerrero-Vadillo M, Ramis R, Gómez-Barroso D, Gomez-Barrosa D. Perimeter confinements of basic health zones and COVID-19 incidence in Madrid, Spain. *BMC Public Health* 2022;22(216):216. DOI
14. Meo SA, Abukhalaf AA, Alomar AA, Al Mutairi FJ, Usmani AM, Klonoff DC. Impact of lockdown on COVID - 19 prevalence and mortality during 2020 pandemic: observational analysis of 27 countries. *Eur J Med Res* 2020;25(56):1–7. DOI
15. University of Oxford. Blavatnik School of Government. Hale T, Petherick A, Anania J, de Mello BA, Angrist N, Barnes R, Bobby T, Cameron-Blake E, Cavalieri A, Di Folco M, Edwards B, Ellen L, Elms J, Furst R, Green K, Goldszmidt R, Hallas L, Kira B, Luciano M, Majumdar S, Marques Oliveira T, Nagesh R, Phillips T, Pott A, Sampaio J, Tatlow H, Wade A, Webster S, Wood A, Zha H, Zhang Y. Variation in government responses to COVID-19. Blavatnik School of Government Working Paper. 2021. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/publications/variation-government-responses-covid-19>
16. Adeyinka DA, Neudorf C, Camillo CA, Marks WN, Muhajarine N. COVID-19 Vaccination and Public Health Countermeasures on Variants of Concern in Canada: Evidence From a Spatial Hierarchical Cluster Analysis. *JMIR Public Heal Surveill* 2022;8(5):e31968. DOI
17. Vickers DM, Baral S, Mishra S, Kwong JC, Sundaram M, Katz A, Calzavara A, Maheu-Giroux M, Buckeridge DL, Williamson T. Stringency of containment and closures on the growth of SARS-CoV-2 in Canada prior to accelerated vaccine roll-out. *Int J Infect Dis* 2022;118:73–82. DOI
18. Agence de la santé publique du Canada. Maladie à coronavirus (COVID-19). Ottawa, ON : ASPC; accédé 2021-09-24). <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/maladie-coronavirus-covid-19.html>
19. Cori A, Ferguson NM, Fraser C, Cauchemez S. A new framework and software to estimate time-varying reproduction numbers during epidemics. *Am J Epidemiol* 2013;178(9):1505–12. DOI
20. Nishiura H, Linton NM, Akhmetzhanov AR. Serial interval of novel coronavirus (COVID-19) infections. *Int J Infect Dis* 2020;93:284–6. DOI
21. Pankratz A. Forecasting with Dynamic Regression Models. New Jersey: John Wiley & Sons; 2012. ISBN: 1118150783, 9781118150788
22. Hyndmann R, Athanasopoulos G, Bergmeir C, Caceres G, Chhay L, Kuroptev K, O'Hara-Wild M, Petropoulos F, Razbash S, Wang E, Yasmeen F, Reid D, Shaub D, Garza F, R Core Team, Ihaka R, Wang Xm Tang Y, Zhou Z. Forecasting functions for time series and linear models. R package version 8.15. 2021. <http://sunsite.icm.edu.pl/packages/cran/web/packages/forecast/forecast.pdf>
23. Hyndman RJ, Khandakar Y. Automatic Time Series Forecasting: The forecast Package for R. *J Stat Softw* 2008;27(3):1–22. DOI
24. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna (Austria): R Foundation for Statistical Computing; 2020. <https://www.r-project.org/>
25. Masselot P, Chebana F, Bélanger D, St-Hilaire A, Abdous B, Gosselin P, Ouarda TBMJ. Aggregating the response in time series regression models, applied to weather-related cardiovascular mortality. *Sci Total Environ* 2018;628–629:217–25. DOI
26. McLeod AI, Li WK. Diagnostic checking ARMA time series models using squared residual autocorrelations. *J Time Ser Anal* 1983;4(4):269–73. <http://fisher.stats.uwo.ca/faculty/aim/vita/pdf/SquaredRACF.pdf>
27. Davies NG, Abbott S, Barnard RC, Jarvis CI, Kucharski AJ, Munday JD, Pearson CAB, Russell TW, Tully DC, Washburne AD, Wenseleers T, Gimma A, Waites W, Wong KLM, van Zandvoort K, Silverman JD; CMMID COVID-19 Working Group; COVID-19 Genomics UK (COG-UK) Consortium, Diaz-Ordaz K, Keogh R, Eggo RM, Funk S, Jit M, Atkins KE, Edmunds WJ. Estimated transmissibility and impact of SARS-CoV-2 lineage B.1.1.7 in England. *Science* 2021;372(6538):eabg3055. DOI
28. Burnham KP, Anderson DR. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. 2nd ed. New York: Springer-Verlag; 2002. https://caestuaries.opennrm.org/assets/06942155460a79991fdf1b57f641b1b4/application/pdf/burnham_anderson2002.pdf



29. Kass RE, Raftery AE. Bayes Factors. *J Am Stat Assoc* 1995;90(430):773–95. [DOI](#)
30. Id FN, Id YY, Archer N. The effect of the Ontario stay-at-home order on Covid-19 third wave infections including vaccination considerations: An interrupted time series analysis. *PLoS One* 2022;17(4):e0265549. [DOI](#)
31. Karaivanov A, Lu SE, Shigeoka H, Chen C, Pamplona S. Face masks, public policies and slowing the spread of COVID-19: Evidence from Canada. *J Health Econ* 2021;78:102475. [DOI](#)
32. Dougherty BP, Smith BA, Carson CA, Ogden NH. Exploring the percentage of COVID-19 cases reported in the community in Canada and associated case fatality ratios. *Infect Dis Model* 2021;6:123–32. [DOI](#)
33. Lawless JF, Yan P. On testing for infections during epidemics, with application to Covid-19 in Ontario, Canada. *Infect Dis Model* 2021;6:930–41. [DOI](#)
34. Parker MRP, Li Y, Elliott LT, Ma J, Cowen LLE. Under-reporting of COVID-19 in the Northern Health Authority region of British Columbia. *Can J Stat* 2021;49(4):1018–38. [DOI](#)
35. He X, Lau EHY, Wu P, Deng X, Wang J, Hao X, Lau YC, Wong JY, Guan Y, Tan X, Mo X, Chen Y, Liao B, Chen W, Hu F, Zhang Q, Zhong M, Wu Y, Zhao L, Zhang F, Cowling BJ, Li F, Leung GM. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med* 2020;26(5):672–5. [DOI](#)
36. Ng V, Fazil A, Waddell LA, Turgeon P, Otten A, Ogden NH. Modelling the impact of shutdowns on resurging SARS-CoV-2 transmission in Canada. *R Soc Open Sci* 2021;8(5):210233. [DOI](#)
37. Ng V, Fazil A, Waddell LA, Bancej C, Turgeon P, Otten A, Atchessi N, Ogden NH. Projected effects of nonpharmaceutical public health interventions to prevent resurgence of SARS-CoV-2 transmission in Canada. *CMAJ* 2020;192(37):E1053–64. [DOI](#)
38. Ludwig A, Berthiaume P, Orpana H, Nadeau C, Diasparra M, Barnes J, Hennessy D, Otten A, Ogden N. Évaluation de l'impact de divers niveaux de détection des cas et de recherche des contacts sur la transmission de la COVID-19 au Canada pendant la levée des fermetures imposées à l'aide d'un modèle à compartiments dynamique. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2020;46(11/12):461–74. [DOI](#)
39. Wu J, Scarabel F, McCarthy Z, Xiao Y, Ogden NH. Possibilité d'intensification des efforts de dépistage et de recherche de contacts pour prévenir les nouvelles éclosions de COVID-19 attribuables à des variants plus transmissibles. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2021;47(7/8):363–72. [DOI](#)
40. Barnes SJ. Stuck in the past or living in the present? Temporal focus and the spread of COVID-19. *Soc Sci Med* 2021;280:114057. [DOI](#)
41. Angus Reid Institute. COVID-19 Compliance: One-in-five Canadians making little to no effort to stop coronavirus spread. Vancouver, BC: ARI; 2020; (accédé 2022-01-27). <https://angusreid.org/covid-compliance>
42. Lang R, Atabati O, Oxoby RJ, Mourali M, Shaffer B, Sheikh H, Fullerton MM, Tang T, Leigh JP, Manns BJ, Marshall DA, Ivers NM, Ratzan SC, Hu J, Benham JL. Characterization of non-adopters of COVID-19 non-pharmaceutical interventions through a national cross-sectional survey to assess attitudes and behaviours. *Sci Rep* 2021;11(1):21751. [DOI](#)
43. Doogan C, Buntine W, Linger H, Brunt S. Public perceptions and attitudes toward COVID-19 nonpharmaceutical interventions across six countries: A topic modeling analysis of Twitter data. *J Med Internet Res* 2020;22(9):e21419. [DOI](#)
44. Moran C, Campbell DJT, Campbell TS, Roach P, Bourassa L, Collins Z, Stasiewicz M, McLane P. Predictors of attitudes and adherence to COVID-19 public health guidelines in Western countries: a rapid review of the emerging literature. *J Public Health (Oxf)*. 2021;43(4):739–753. [DOI](#)
45. Al-Hasan A, Yim D, Khuntia J. Citizens' Adherence to COVID-19 mitigation recommendations by the government: A 3-country comparative evaluation using web-based cross-sectional survey data. *J Med Internet Res* 2020;22(8):e20634. [DOI](#)
46. Wang D, Marmo-Roman S, Krase K, Phanord L. Compliance with preventative measures during the COVID-19 pandemic in the USA and Canada: Results from an online survey. *Soc Work Health Care* 2021;60(3):240–55. [DOI](#)



Appendice

Le présent document fournit les estimations complètes des paramètres du modèle pour les modèles les mieux classés, par province et par objectif, pour les modèles comportant un effet important de *sidx* (objectif 1) ou de *H* (objectif 2).

Tableau A1 : Formulation de modèle et ARIMAX (p, d, q) pour les provinces

Province	Formulation de modèle	ARIMAX (p, d, q) ^a	Paramètre	Coefficient bêta		valeur p
				n	IC à 95 %	
Colombie-Britannique	$sidx \sim H_décalage14$	ARIMAX (2, 0, 0)	ar1	1,22	0,969 à 1,48	4,86e-21
			ar2	-0,352	-0,647 à -0,057	1,93e-02
			interception	44,6	35,3 à 53,9	7,71e-21
			$H_décalage14$	0,0644	0,0141 à 0,115	1,21e-02
Alberta	$R_t \sim sidx_décalage14$	ARIMAX (2, 0, 0)	ar1	1,19	0,917 à 1,45	5,06e-18
			ar2	-0,567	-0,841 à -0,294	4,79e-05
			interception	1,38	1,15 à 1,61	6,19e-31
			$sidx_décalage14$	-0,0073	-0,0119 à -0,00266	2,04e-03
	$sidx \sim H_décalage7 + C$	ARIMAX (0, 1, 0)	$H_décalage7$	0,027	0,015 à 0,039	1,02e-05
Saskatchewan	$R_t \sim sidx_décalage7$	ARIMAX (0, 0, 1)	C	-4,48	-8,97 à 0,0117	5,06e-02
			mm1	0,76	0,55 à 0,97	1,32e-12
			interception	1,46	1,04 à 1,88	1,00e-11
			$sidx_décalage7$	-0,00783	-0,0155 à -0,00018	4,48e-02
Manitoba	$R_t \sim sidx_décalage7$	ARIMAX (0, 0, 1)	mm1	0,584	0,361 à 0,806	2,65e-07
			interception	1,61	1,14 à 2,08	2,71e-11
			$sidx_décalage7$	-0,00814	-0,0149 à -0,0014	1,80e-02
	$sidx \sim H_décalage7$	ARIMAX (0, 1, 1)	mm1	0,456	0,181 à 0,731	0,00115
			$H_décalage7$	0,0288	0,00027 à 0,0573	0,04790
Ontario	$R_t \sim sidx + C$	ARIMAX (0, 1, 0)	$sidx$	-0,0043	-0,00851 à -8,79e-05	0,0454
			C	-0,0967	-0,192 à -0,00118	0,0472
	$sidx \sim H_décalage14$	ARIMAX (1, 0, 1)	ar1	0,698	0,413 à 0,982	1,59e-06
			mm1	0,487	0,156 à 0,818	3,96e-03
			interception	51,4	45,7 à 57,1	1,05e-70
Québec	$R_t \sim sidx_décalage14$	ARIMAX (1, 0, 1)	$H_décalage14$	0,0155	0,00774 à 0,0232	8,77e-05
			ar1	0,744	0,527 à 0,962	2,02e-11
			mm1	0,775	0,566 à 0,984	3,88e-13
			interception	1,48	1,14 à 1,83	2,11e-17
	$sidx \sim H + C$	ARIMAX (1, 0, 1)	$sidx_décalage14$	-0,00766	-0,013 à -0,00229	5,20e-03
			ar1	0,899	0,778 à 1,02	6,17e-48
			mm1	0,75	0,48 à 1,02	5,15e-08
			interception	56,6	46,4 à 66,8	1,52e-27
			H	0,00836	0,00129 à 0,0154	2,05e-02
			C	-2,48	-5,29 à 0,336	8,44e-02

Abréviations : ar, terme autorégressif; ARIMAX, modèle autorégressif à moyenne mobile intégrée étendu; C, période de temps avec effets combinés de la vaccination, du variant Alpha et de l'hiver; $décalage7$, décalage de temps de sept jours; $décalage14$, décalage de temps de 14 jours; IC, intervalle de confiance à 95 %; MM, moyenne mobile; R_t , taux de reproduction effectif; $sidx$, indice de rigueur

^a ARIMAX (p, d, q) indique le nombre de termes autorégressifs, p, le degré de différenciation, d et le nombre de termes de moyennes mobiles, q

Modélisation de la transmission de la COVID-19 à l'aide d'IDSIM, une application de bureau de modélisation épidémiologique dotée de capacités d'immunisation à plusieurs niveaux

Eleodor Nichita^{1*}, Mary-Anne Pietrusiak², Fangli Xie², Peter Schwanke¹, Anjali Pandya²

Résumé

Contexte : La pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) a imposé des demandes sans précédent aux unités de santé publique locales de l'Ontario, au Canada, dont le besoin de capacités internes de modélisation épidémiologique. L'objectif de cette étude est de développer une application de bureau Windows pour la modélisation épidémiologique, qui sera utilisée par les épidémiologistes des unités de santé publique pour prédire la transmission de la COVID-19 dans la région de Durham.

Méthodes : L'application développée consiste en la mise en œuvre d'un modèle épidémiologique compartimenté et stratifié à plusieurs degrés qui peut prendre en charge plusieurs variants du virus et niveaux de vaccination, ainsi que des mesures de santé publique comme la distanciation physique, le suivi des contacts suivi par la quarantaine et les tests suivis par l'isolement. Elle a permis d'étudier les effets de divers facteurs sur la transmission de la COVID-19, y compris la couverture vaccinale, l'efficacité du vaccin, la baisse de l'immunité conférée par le vaccin et l'arrivée du variant Omicron. La date de début de la simulation était le 22 novembre 2021.

Résultats : Pour le variant Delta, au moins 90 % de la population devrait être vaccinée pour obtenir l'immunité collective. Une courbe épidémiologique du variant Delta seulement serait aplatie dès le début en l'absence d'une baisse de l'immunité et dans les six mois en présence d'une baisse de l'immunité. Le pourcentage d'infections causées par le variant Omicron devrait passer de 1 % à 97 % au cours du premier mois de la simulation. Le total des infections à Omicron devrait baisser, respectivement, de 26 % ou de 41 % si 3 000 ou 5 000 doses de rappel étaient administrées par jour.

Conclusion : Dans le cas du variant Delta, l'immunité naturelle et l'immunité conférée par la vaccination sont toutes deux nécessaires pour obtenir l'immunité collective, et la baisse de l'immunité conférée par le vaccin allonge le temps nécessaire pour obtenir l'immunité collective. En l'absence de mesures de santé publique supplémentaires, on a prédit qu'une vague provoquée par le variant Omicron poserait d'importants problèmes de santé publique, avec un pic d'infections prévu dans les deux à trois mois suivant le début de la simulation, selon le taux d'administration des doses de rappel.

Citation proposée : Nichita E, Pietrusiak M-A, Xie F, Schwanke P, Pandya A. Modélisation de la transmission de la COVID-19 à l'aide d'IDSIM, une application de bureau de modélisation épidémiologique dotée de capacités d'immunisation à plusieurs niveaux. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(10):496–511.

<https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a05f>

Mots-clés : COVID-19, modèle épidémiologique compartimenté, application IDSIM, niveaux de vaccination, baisse d'immunité, variants

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



Affiliations

¹ Université Ontario Tech, Oshawa, ON

² Bureau de santé de Durham, Whitby, ON

*Correspondance :

eleodor.nichita@ontariotechu.ca



Introduction

Le 11 mars 2020, l'Organisation mondiale de la Santé a déclaré l'épidémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19), causée par le coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2), une pandémie. À l'instar d'autres pays touchés, le Canada et ses provinces ont mis en place des mesures d'urgence en santé publique pour contrôler la transmission du virus, sous la forme d'obligation du masque, de détection, d'isolement et de quarantaine, de restrictions aux déplacements internationaux, de travail à domicile, de fermetures d'écoles et d'entreprises, et même d'ordonnances de confinement à domicile (1). Certaines de ces mesures ont coûté cher sur le plan économique, et le nombre d'infections excessivement élevé était inacceptable en raison de la pression qu'elles auraient exercée sur les services médicaux. Par conséquent, il est devenu très important de modéliser la pandémie et d'utiliser des modèles de prévisions pour évaluer les demandes sur le système de santé et orienter les décisions stratégiques sur les mesures de santé publique.

À l'échelle fédérale, l'Agence de la santé publique du Canada a créé un réseau canadien de modélisation de la COVID-19 composé de modélisateurs et d'épidémiologistes fédéraux, provinciaux, territoriaux et universitaires (2). Les résultats de la modélisation ont permis d'éclairer les politiques, d'orienter les mesures de santé publique et de communiquer avec le public.

Dans la province de l'Ontario, la Table de concertation sur la modélisation de la COVID-19 a été créée en mars 2020 pour réunir plusieurs groupes d'experts, de dirigeants du système de santé et de décideurs principaux, et produire des estimations consensuelles fondées sur plusieurs résultats de modélisation et d'opinions d'experts. Ces estimations ont permis d'éclairer les décisions stratégiques sur les mesures de santé publique, de communiquer avec le public et d'évaluer l'état et les exigences du système de santé (3).

Pour modéliser la transmission de la COVID selon différents scénarios, un grand nombre de modèles ont été élaborés au Canada et dans le monde à l'aide d'une gamme de progiciels. Par exemple, les efforts de modélisation à l'Agence de la santé publique du Canada ont abouti à l'élaboration de modèles à la fois compartimentés (4) et basés sur les agents (5). Le premier a été mis en œuvre à l'aide du progiciel Analytica, tandis que le second a été mis en œuvre à l'aide du progiciel AnyLogic. Tuite *et al.* (6) ont mis au point un autre modèle compartimenté dans le but précis de modéliser la transmission de la COVID en Ontario. En Europe, une équipe basée à l'Université de Cambridge a élaboré un autre modèle compartimenté (7) et l'a mis en œuvre à l'aide d'un solveur différentiel de valeur initiale préemballé et développé dans le langage de programmation Python. Pratiquement tous les modèles disponibles étaient axés sur l'évaluation des interventions non pharmaceutiques (e.g. tests et traçage, distanciation physique). Ils n'avaient pas la capacité de simuler l'effet des vaccins, en particulier ceux administrés à plusieurs doses ni la baisse de l'immunité conférée

par le vaccin. Les modèles disponibles ne convenaient pas non plus aux bureaux de santé publique (BSP) individuels, car ils exigeaient une connaissance des progiciels précis utilisés pour les mettre en œuvre. En réalité, cela signifiait qu'une équipe multidisciplinaire composée à la fois d'épidémiologistes et de chercheurs en informatique était nécessaire pour utiliser correctement et efficacement les modèles et les progiciels correspondants.

Au cours de l'été 2020, alors que la province de l'Ontario se remettait de la première vague d'infections à la COVID-19, il est devenu évident qu'une deuxième vague se préparait. On a demandé aux BSP locales de faire des prévisions sur l'évolution future des cas, d'estimer les demandes sur les hôpitaux et de recommander des interventions en santé publique à un moment où les ressources de modélisation, tant informatiques qu'humaines, étaient rares. Les résultats de modélisation préparés au niveau national ou provincial par d'importantes équipes d'épidémiologistes et de mathématiciens ne s'appliquaient qu'en partie aux situations locales.

La Municipalité régionale de Durham, qui comprend des régions situées à l'est de Toronto et qui compte une population d'environ 750 000 habitants, était confrontée à des défis communs à toutes les BSP de l'Ontario. Pour pallier la pénurie de ressources de modélisation, le Bureau de santé de Durham a établi une collaboration avec l'Université Ontario Tech afin de renforcer des capacités internes de modélisation épidémiologique de la COVID-19. L'objectif immédiat était de créer un modèle et un progiciel sous la forme d'une application de bureau Windows qui permettrait aux épidémiologistes du personnel d'effectuer des prévisions et éclairer les décisions stratégiques sans avoir besoin de systèmes informatiques à haute performance ni de formation avancée.

Par souci de simplicité et de commodité, un modèle compartimenté dynamique (déterministe) élaboré par l'Agence de la santé publique du Canada (4) a été adopté au départ. Ce modèle initial comprenait sept segments (susceptibles, exposés, exposés en quarantaine, infectieux, isolés, hospitalisés et retirés), et n'autorisait qu'une seule souche ancestrale. Il a été mis en œuvre comme un code Modern Fortran (Fortran avec des fonctionnalités de programmation axées sur les objets) avec une interface utilisateur Excel/Visual-Basic. À mesure que des variants ont émergé et que les vaccins sont devenus disponibles, des capacités supplémentaires ont été ajoutées au modèle, et la mise en œuvre a basculé vers une application de bureau MS-Windows avec un système dorsal de traitement de données Modern Fortran. L'application s'appelait IDSIM (Infectious-Disease SIMulator). Ce travail présente le modèle IDSIM (novembre 2021) et illustre certaines de ses capacités en effectuant quatre simulations de transmission de la COVID-19 dans des conditions différentes.

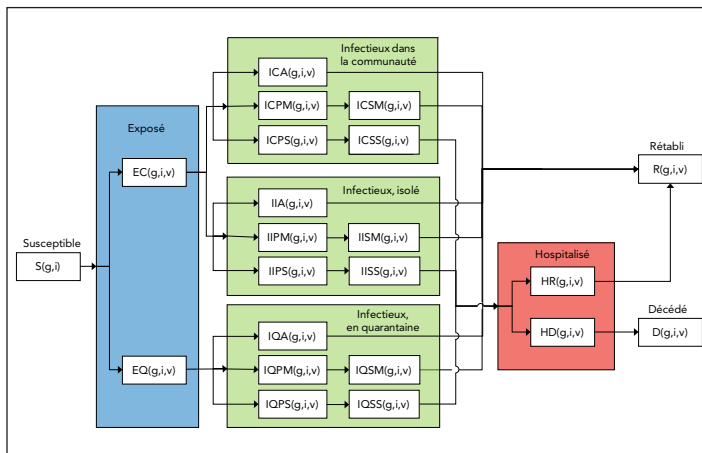
Modèle épidémiologique

Le modèle épidémiologique est un modèle compartimenté et stratifié à plusieurs degrés qui peut prendre en charge plusieurs variants de virus et niveaux de vaccination, ainsi que des mesures de santé publique comme la distanciation physique, le suivi des contacts suivi par la quarantaine et les tests suivis par l'isolement.

Compartiments et organigramme

Le diagramme du modèle épidémiologique est présenté à la figure 1.

Figure 1 : Diagramme du modèle compartimenté



Abréviations : EC, exposé dans la communauté (non mis en quarantaine); EQ, exposé, mis en quarantaine; D, décédé; HR, hospitalisé en rétablissement; HD, décès lors de hospitalisation; ICA, infectieux, asymptomatique, dans la communauté; ICPM, infectieux, dans la communauté, pré-symptomatique, va passer à des symptômes légers; ICPS, infectieux, dans la communauté, pré-symptomatique, passera à des symptômes graves; ICSM, infectieux, dans la communauté, symptomatique, symptômes légers; ICSS, infectieux, dans la communauté, symptomatique, symptômes graves; IIA, asymptomatique isolé infectieux; IIPM, pré-symptomatique isolé et infectieux, se transformera en symptômes légers; IIPS, infectieux, isolé, pré-symptomatique, passera à des symptômes graves; IISM, infectieux, isolé, symptomatique, léger; IISS, infectieux, isolé, symptomatique, grave; IQA, asymptomatique, mis en quarantaine, infectieux; IQPM, infectieux, pré-symptomatique, mis en quarantaine, passera à des symptômes légers; IQPS, infectieux, pré-symptomatique, mis en quarantaine, passera à des symptômes graves; IQSM, infectieux, symptomatique, mis en quarantaine, léger; IQSS, infectieux, mis en quarantaine, symptomatique, grave; R, rétabli; S, susceptible

La population de chaque segment est classée par strate combinée (indice g), statut d'immunisation (indice i) et variant (indice v). Les équations différentielles régissant la transition d'un segment à un autre sont présentées à l'appendice.

Variants

L'indice v de variant s'applique à tous les segments autres que celui qui comprend des personnes susceptibles.

Strates combinées

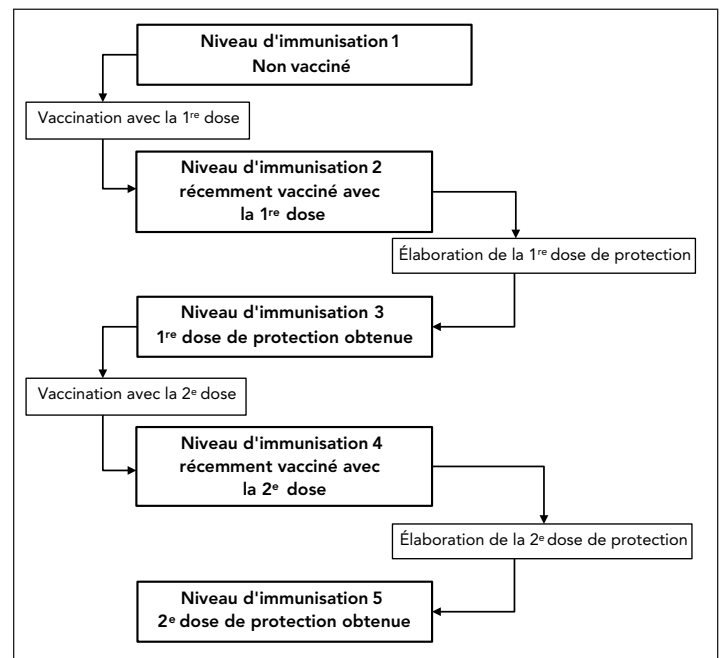
Chaque strate combinée est une combinaison de strates correspondant à plusieurs stratifications. Par exemple, si une population donnée était stratifiée par âge en deux strates, celles de moins de 50 ans et celles de 50 ans et plus, et par sexe en deux strates, femme et homme, l'indice g prendrait des valeurs comprises entre 1 et 4, correspondant aux quatre strates combinées : les femmes de moins de 50 ans, les femmes de 50 ans et plus, les hommes de moins de 50 ans et les hommes de 50 ans et plus.

Statut d'immunisation

Le statut d'immunisation peut avoir autant de niveaux que nécessaire, indiqué par l'indice i . Par exemple, l'indice i peut prendre des valeurs entre 1 et 5, avec les significations suivantes : 1) non vacciné; 2) première dose administrée, première dose de protection non encore obtenue; 3) première dose de protection obtenue; 4) deuxième dose administrée, la deuxième dose de protection n'est pas encore obtenue et 5) deuxième dose de protection obtenue.

Les personnes passent d'un niveau d'immunisation à l'autre, soit par la vaccination, soit avec le fil du temps. À l'aide de l'exemple ci-dessus, les personnes passeraient du niveau 1 au niveau 2 et du niveau 3 au niveau 4 en passant par la vaccination (définie par le nombre de personnes vaccinées par jour), et du niveau 2 au niveau 3 et du niveau 4 au niveau 5 par le simple fil du temps (défini par le temps moyen nécessaire pour obtenir une protection après la vaccination). Cela est illustré dans la figure 2.

Figure 2 : Exemple de niveaux d'immunisation



Modèle de transmission

Les personnes sont exposées par contact avec une ou plusieurs personnes infectieuses. Le taux d'exposition est caractérisé par le nombre de contacts par personne par jour et par la probabilité de transmission par contact. Le premier est caractérisé par un nombre moyen de contacts quotidiens pour la population. Le dernier est caractérisé par un nombre moyen pour la population qui est ensuite modulé par des facteurs dépendants du variant et de la vaccination.



Paramètres de stratification

Chaque stratification peut avoir un nombre différent de strates. Chaque strate est définie par les paramètres suivants :

- Fraction de la population appartenant à la strate
- Module de susceptibilité (facteur qui multiplie la probabilité de transmission par contact pour les personnes susceptibles appartenant à la strate)
- Module de gravité (facteur qui multiplie la fraction des personnes symptomatiques dans la strate et qui développent des symptômes graves). Par exemple, dans le groupe d'âge de 80 ans et plus, une valeur supérieure à une serait appropriée pour représenter la probabilité plus élevée de résultats graves pour ce groupe d'âge

Paramètres de variant

Chaque variant, y compris la souche ancestrale, est défini par les paramètres suivants :

- Temps de latence (depuis l'exposition)
- Durée d'incubation (depuis l'exposition)
- Durée d'hospitalisation pour les cas graves (depuis l'exposition)
- Délai de rétablissement pour les cas non graves (depuis l'exposition)
- Temps de guérison après l'hospitalisation (pour les cas graves qui se rétablissent)
- Heure de décès après l'hospitalisation (pour les cas graves qui ne se rétablissent pas)
- Probabilité de transmission par contact
- Fraction des personnes infectieuses symptomatiques
- Fraction des personnes symptomatiques infectieuses qui présentent des symptômes graves
- Fraction des personnes hospitalisées en rétablissement

Paramètres du niveau d'immunisation

Chaque niveau d'immunisation est défini par les paramètres suivants :

- Facteur de transmissibilité (facteur, habituellement inférieur ou égal à un, qui multiplie la probabilité de transmission par contact pour les personnes infectieuses ayant un niveau de vaccination précis)
 - Pour les personnes infectieuses qui ne sont pas vaccinées ou qui ont été vaccinées récemment (avant de développer une protection), ce facteur ne serait qu'un. Pour les personnes qui sont vaccinées et infectieuses et qui ont déjà développé une certaine protection, le facteur serait normalement inférieur à un pour représenter le fait que ces personnes sont moins contagieuses

- Facteur de susceptibilité (facteur, habituellement inférieur ou égal à un, qui multiplie la probabilité de transmission par contact pour les personnes susceptibles ayant un niveau de vaccination précis)
 - Pour les personnes susceptibles qui ne sont pas vaccinées ou qui ont été vaccinées récemment (avant de développer une protection), ce facteur ne serait qu'un. Pour les personnes susceptibles qui ont déjà développé une certaine protection, le facteur serait normalement inférieur à un pour représenter le fait que ces personnes sont moins susceptibles de devenir infectées. Ce facteur est essentiellement égal à un moins l'efficacité du vaccin
- Facteur de gravité (un facteur, généralement inférieur ou égal à un, qui multiplie la fraction des personnes symptomatiques présentant des symptômes graves)
 - Pour les personnes symptomatiques qui ne sont pas vaccinées ou qui ont été vaccinées récemment (avant de développer une protection), ce facteur ne serait qu'un. Pour les personnes symptomatiques infectieuses qui ont déjà développé une certaine protection, le facteur serait normalement inférieur à un, pour représenter le fait que ces personnes sont moins susceptibles de développer des symptômes graves
- Taux auquel les personnes passent d'un niveau d'immunisation à un autre, exprimé comme suit :
 - Personnes vaccinées par unité de temps (jour)
 - Durée moyenne (jours) avant les changements de niveau de protection après la vaccination

Paramètres des mesures de santé publique

Les mesures de santé publique sont caractérisées par les paramètres suivants :

- Fraction des personnes exposées qui sont mises en quarantaine avec succès
- Fraction des personnes infectieuses testées et isolées avec succès
- Coefficient pour d'autres mesures de santé publique non précisées. Ce facteur général, généralement inférieur ou égal à 1, apparaît dans la force de l'infection pour tenir compte de mesures comme le port du masque ou la distanciation physique. Il peut également être ajusté manuellement pour adapter les prévisions du modèle aux données réelles consignées

Modélisation de la baisse de la protection conférée par le vaccin au fil du temps et par la troisième dose

Le statut d'immunisation à plusieurs niveaux peut servir à modéliser la baisse de la protection conférée par le vaccin et le besoin subséquent d'une troisième dose une fois la protection réduite à un certain niveau. Un exemple est d'utiliser huit niveaux d'immunisation comme suit :



- Non vacciné
- Première dose administrée, protection pas encore obtenue après la première dose
- Première dose administrée, protection obtenue après la première dose
- Deuxième dose administrée, protection pas encore obtenue après la deuxième dose
- Deuxième dose administrée, protection obtenue après la deuxième dose
- Baisse de la protection après la deuxième dose
- Troisième dose administrée, protection pas encore obtenue après la troisième dose
- Troisième dose administrée, protection obtenue après la troisième dose

Le passage du niveau 5 au niveau 6 se fait au fil du temps (e.g. trois mois pour une baisse de 20 % de la protection conférée par le vaccin). Le passage du niveau 6 au niveau 7 se fait par administration de la troisième dose de vaccin. Le passage du niveau 7 au niveau 8 se fait au fil du temps (e.g. deux semaines pour une protection accrue).

Hypothèses du modèle

Dans sa forme actuelle, le modèle formule plusieurs hypothèses :

- Le rétablissement d'un variant offre une immunité totale et permanente contre tous les variants
- La répartition par strates dans une stratification précise est indépendante des autres stratifications. Comme dans l'exemple de stratification précédent, si 50 % de la population était des femmes et 50 % de la population était des hommes, on suppose que c'est vrai tant pour les personnes de moins de 50 ans que pour les personnes de 50 ans et plus. De même, si 60 % de la population est âgés de moins de 50 ans et que 40 % sont âgés de 50 ans et plus, on suppose que c'est vrai pour les populations masculine et féminine
- Tous les cas graves sont hospitalisés
- Le nombre de contacts par jour par personne est le même pour toutes les strates combinées et indépendamment du niveau de vaccination d'une personne. On suppose que les personnes en quarantaine, isolées ou hospitalisées n'ont aucun contact

Points de départ et de fin de la simulation

Les conditions initiales au « Jour 0 » peuvent être précisées, y compris la population de chaque segment par strate, statut de vaccination et variant. Cela permet de commencer les simulations par des données réalistes acquises sur le terrain plutôt que par des hypothèses génériques d'une personne infectieuse. Le point de fin d'une simulation peut être enregistré et utilisé comme point de départ d'une nouvelle simulation, permettant ainsi la prolongation indéfinie de l'intervalle de temps de simulation.

Paramètres épidémiologiques temporels

On peut simuler des paramètres temporels en supposant qu'ils soient constants sur des intervalles de temps finis, avec des changements d'étape d'un intervalle à l'autre. Par exemple, la simulation d'une année entière peut être effectuée par intervalles de 30 jours, avec des paramètres mis à jour au début de chaque intervalle de simulation.

Simulations de transmission de la COVID-19

Quatre simulations ont été effectuées pour étudier l'effet de facteurs précis sur la transmission de la COVID-19 dans la région de Durham :

- Simulation 1 : Effet des différentes valeurs de couverture vaccinale, la vaccination étant la seule mesure de santé publique, en supposant que l'immunité conférée par le vaccin ne baisse pas avec le temps
- Simulation 2 : Effet des différentes valeurs d'efficacité du vaccin avec des mesures de santé publique précises en place, en supposant qu'aucune baisse de l'immunité conférée par le vaccin ne se produit au fil du temps
- Simulation 3 : Effet de la baisse de l'immunité conférée par le vaccin après trois mois, en supposant des mesures de santé publique précises
- Simulation 4 : Effet de l'arrivée du variant Omicron, et incidence des vaccins de rappel contre la COVID-19 sur la transmission et la gravité des variants Delta et Omicron en supposant des mesures sanitaires précises et une baisse de l'immunité conférée par le vaccin au fil du temps

Pfizer-BioNTech (Comirnaty, BNT162b2) et Moderna (Spikevax, mRNA-1273) étaient les deux principaux types de vaccins contre la COVID-19 offerts dans la région de Durham. L'efficacité du vaccin contre l'infection à la COVID-19 a chuté de trois à six mois. On a supposé que les personnes de la région de Durham ont reçu leur deuxième dose, en moyenne, quatre mois avant la date de début de la simulation.

La stratification par groupe d'âge n'a pas été utilisée. Cette simplification a été adoptée parce qu'il n'y avait pas de données fiables sur l'âge, comme la transmissibilité, la gravité et l'efficacité du vaccin. Même si des matrices de contact fondées sur l'âge pour une période antérieure à la COVID-19 étaient disponibles (8), elles n'ont pas été utilisées, parce que de telles matrices auraient eu un effet sur les résultats globaux de simulation seulement si la transmissibilité et l'efficacité du vaccin étaient également ventilées par groupe d'âge.

Les paramètres généraux de simulation sont présentés au **tableau 1** et ont été fondés sur les renseignements disponibles en novembre 2021. Les meilleures estimations pour certains des paramètres du tableau 1 (e.g. la période de latence, la période



d'incubation, la durée du séjour à l'hôpital, l'efficacité du vaccin, la gravité) ont depuis changé. Les paramètres propres aux

simulations individuelles sont présentés au **tableau 2**. Pour toutes les simulations, le jour 0 était le 22 novembre 2021.

Tableau 1 : Paramètres généraux de simulation

Paramètre	Valeur	Source
Nombre de strates	1	Propre à l'utilisateur
Nombre de personnes infectieuses au Jour 0	200 cas actifs déclarés le jour 0. Pour chaque cas signalé, il y a trois cas non détectés dans la collectivité, pour un total de 800 personnes infectieuses	Données du BSP, (9)
Nombre de contacts par jour	10	(10,11)
Période de latence	3 jours pour Delta 1 jour pour Omicron	(12–14)
Temps d'incubation	5 jours pour Delta 3 jours pour Omicron	(12–15)
Durée d'hospitalisation (depuis l'exposition)	10 jours pour Delta et Omicron	Données du BSP
Délai de rétablissement pour les cas non graves (depuis l'exposition)	14 jours pour Delta et Omicron	Données du BSP
Délai de rétablissement après l'hospitalisation	14 jours pour Delta 10 jours pour Omicron	Données du BSP, (14)
Heure de décès après l'hospitalisation	15 jours pour Delta et Omicron	Données du BSP
Probabilité de transmission par contact	0,058 pour Delta (estimation basée sur R_0 , période infectieuse et taux de contact) 0,232 pour Omicron	(16,17)
Fraction des cas symptomatiques (infectieux)	0,85 pour Delta et Omicron	Données du BSP
Fraction des cas graves (symptomatiques)	0,03 pour Delta 0,012 pour Omicron	Données du BSP, (18)
Fraction des cas rétablis après l'hospitalisation	0,6 pour Delta 0,8 pour Omicron	Données du BSP, (19)
Facteur de transmissibilité pour les non vaccinés	1 pour Delta et Omicron	(20)
Facteur de susceptibilité pour les non vaccinés	1 pour Delta et Omicron	(20)
Facteur de gravité pour les non vaccinés	1 pour Delta et Omicron	(19)
Facteur de transmissibilité après 1 dose	0,8 pour Delta et Omicron	(20)
Facteur de susceptibilité après 1 dose	0,7 pour Delta et Omicron	(20,21)
Facteur de gravité après 1 dose	0,3 pour Delta et Omicron	(19)
Facteur de transmissibilité après 2 doses	0,5 pour Delta 0,6 pour Omicron	(20)
Facteur de susceptibilité après 2 doses	0,2 pour Delta 0,6 pour Omicron	(20,22,23)
Facteur de gravité après 2 doses	0,2 pour Delta 0,3 pour Omicron	(13,24)
Facteur de transmissibilité après 3 doses	0,5 pour Delta 0,5 pour Omicron	(20)
Facteur de susceptibilité après 3 doses	0,1 pour Delta 0,3 pour Omicron	(22)
Facteur de gravité après 3 doses	0,06 pour Delta 0,1 pour Omicron	(13,24)
Fraction de la population avec 1 dose le jour 0	0,01–0,03	Données du BSP
Fraction de la population avec 2 doses le jour 0	0,72–0,74	Propre à l'utilisateur
Fraction de la population avec 3 doses le jour 0	0	Propre à l'utilisateur
Nombre de personnes exposées le jour 0	218	Données du BSP
Période infectieuse	11 jours pour Delta 13 jours pour Omicron	Calculée selon la période de rétablissement
Population	738 000	Données du recensement
Nombre de personnes rétablies le jour 0	110 700	Données du BSP
Nombre de personnes décédées le jour 0	389	Données du BSP

Abréviation : BSP, Bureau de santé publique



Tableau 2 : Paramètres de simulation précis

Paramètre	Simulation 1 : Différentes valeurs de couverture vaccinale	Simulation 2 : Différentes valeurs de l'efficacité du vaccin	Simulation 3 : Cas avec ou sans baisse de l'immunité	Simulation 4 : Évolution des variants Delta et Omicron et effet des doses de rappel
Répartition des variants au jour 0	Delta à 100 %			Delta à 99 % et Omicron à 1 %
Niveaux de vaccination	Non vacciné Deux doses	Non vacciné Dose 1 Dose 2	Non vacciné Dose 1 Dose 2 Immunité réduite	Non vacciné Dose 1 Dose 2 (immunité réduite) Dose 3
Couverture vaccinale	Comparer la transmission selon différentes proportions de vaccination : 70 %, 80 %, 90 % et 100 %	Commencer par une couverture vaccinale de 2 % pour la dose 1, 72 % pour la dose 2 400 Dose 1 administrées par jour 300 Dose 2 administrées par jour		Commencer par une couverture vaccinale de 1 % pour la dose 1, 74 % pour la dose 2 et 0 % pour la dose 3 500 Dose 1 administrées par jour 200 Dose 2 administrées par jour 3 000 ou 5 000 dose 3 administrées par jour
Mesures de santé publique	Le coefficient de mesure de santé publique est de 1, aucun isolement et aucune mise en quarantaine	Le coefficient de mesure de santé publique est de 0,8 (ajusté pour correspondre à la valeur estimée de $R_t \approx 1$ pour la région de Durham le jour 0) Tous les cas signalés sont isolés et 5 % des cas exposés sont mis en quarantaine		
Efficacité du vaccin	L'efficacité du vaccin est de 80 % Le vaccin réduit la transmission de 50 % après la dose 2 et réduit la gravité de 85 %	Comparer les suivants : Taux d'efficacité de 33 % pour la dose 1 et de 80 % pour la dose 2 Taux d'efficacité de 56 % pour la dose 1 et de 87 % pour la dose 2	Efficacité à deux semaines : 33 % pour la dose 1; 80 % pour la dose 2 Transmissibilité à deux semaines : 83 % pour la dose 1; 50 % pour la dose 2	Le variant Omicron est quatre fois plus transmissible que le variant Delta
Baisse de l'immunité après la vaccination	Aucune	Aucune	Efficacité du vaccin à 12 semaines après la dose 2 : 45 % Transmissibilité à 12 semaines après la dose 2 : 76 %	Protection réduite pour les personnes qui n'avaient que deux doses de vaccin

Résultats et discussion

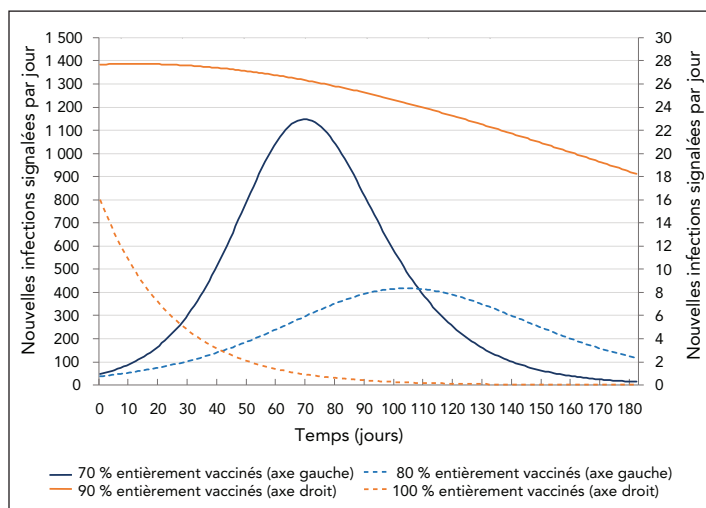
La première simulation a été effectuée pour quantifier l'incidence de diverses proportions de vaccination sur la transmission de la COVID-19, en supposant que la vaccination était la seule mesure de contrôle de la santé publique et qu'aucune vaccination supplémentaire n'ait été effectuée pendant la période de simulation.

La **figure 3** montre les résultats de simulation pour les nouvelles infections signalées quotidiennement pour diverses proportions de vaccination. Les résultats prédisaient que le nombre de cas de COVID-19 signalés quotidiennement diminuerait considérablement avec une augmentation des proportions de vaccination; toutefois, même avec une couverture vaccinale de 80 %, il y aurait encore un très grand nombre de cas quotidiens signalés. Au moins 90 % de la population totale

devrait être vacciné pour contrôler une épidémie consistant du variant Delta. En réalité, il aurait été difficile d'atteindre une couverture vaccinale aussi élevée, surtout lorsque les groupes d'âge plus jeunes n'étaient pas admissibles à la vaccination. Les résultats suggèrent que même de petites augmentations de la couverture vaccinale peuvent réduire considérablement la transmission de la COVID-19, mais que d'autres mesures de contrôle seraient également nécessaires. Les mesures de contrôle de la santé publique autres que la vaccination peuvent comprendre la détection des cas, la recherche des contacts et la mise en quarantaine, la distanciation physique, la limitation des rassemblements sociaux, l'utilisation du masque, l'autosurveillance et d'autres mesures de « confinement ».



Figure 3 : Incidence des diverses valeurs de couverture vaccinale sur la transmission de la COVID-19

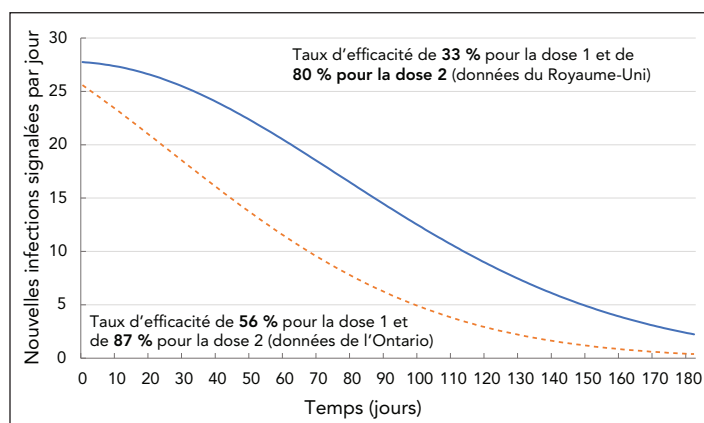


Remarque : L'axe vertical gauche est utilisé pour les parcelles correspondant à une couverture vaccinale de 70 % et de 80 %, et l'axe vertical droit est utilisé pour les parcelles correspondant à une couverture vaccinale de 90 % et de 100 %

La deuxième simulation a évalué l'incidence de deux valeurs différentes d'efficacité du vaccin sur la transmission de la COVID-19 dans le cadre des mesures de contrôle de la santé publique en vigueur dans la région de Durham en novembre 2021, comme le montre le tableau 2. Les deux ensembles de valeurs pour l'efficacité du vaccin ont été tirés d'une étude du Royaume-Uni (20) et d'une étude de l'Ontario (21). L'étude de l'Ontario a révélé une efficacité vaccinale plus élevée que l'étude du R.-U. En vertu des mesures de contrôle en vigueur en novembre 2021, le nombre de reproductions net, R_t , estimé d'après les données de cas quotidiens, était d'environ 1,0. Pour tenir compte de toutes les mesures de santé publique qui n'ont pas été modélisées explicitement (e.g. utilisation du masque, distanciation physique), le coefficient de mesure de santé publique a été ajusté manuellement, de sorte que le jour 0, le R_t prévu correspondait à l'estimation de $R_t \approx 1$ dans la région de Durham pour le mois de novembre 2021. La fraction vaccinale de la population de départ était de 2 % pour la dose-1 et de 72 % pour la dose-2. Chaque jour, on a supposé que 400 personnes étaient vaccinées avec la première dose et 300 personnes étaient vaccinées avec la deuxième dose. Cela correspondait à 92 % de la population totale ayant reçu deux doses à la fin de la période de simulation de 180 jours. Les résultats de simulation pour les deux jeux de données sur l'efficacité du vaccin sont présentés à la **figure 4**.

Avec la vaccination (novembre 2021) et d'autres mesures de contrôle de la santé publique à jour au moment de l'intervention, on prévoyait que les nouvelles infections quotidiennes (en supposant seulement le variant Delta) diminueraient avec le temps. Cependant, au jour 90, la projection basée sur les données sur l'efficacité du vaccin du Royaume-Uni a montré deux fois plus d'infections signalées quotidiennement que la prévision basée sur les données sur l'efficacité du vaccin en Ontario.

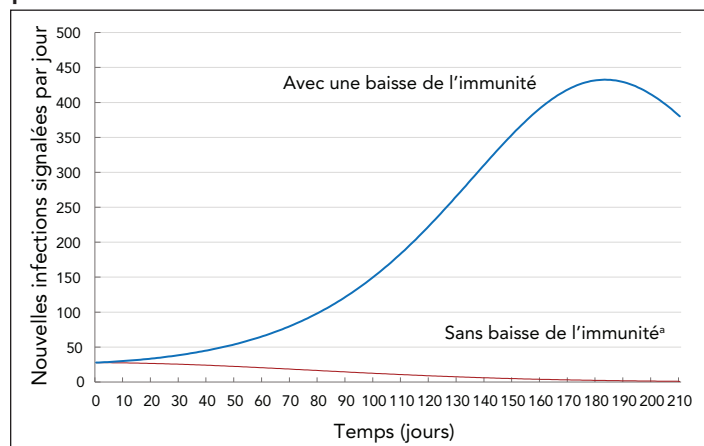
Figure 4 : Incidence des diverses valeurs de l'efficacité vaccinale sur la transmission de la COVID-19



En plus de comparer l'efficacité de diverses mesures de contrôle, l'application de modélisation peut également servir à comprendre l'incidence de la baisse de l'immunité conférée par le vaccin sur la transmission de la COVID-19.

La troisième simulation a été effectuée pour estimer l'incidence d'une baisse de l'efficacité du vaccin au fil du temps. Il a comparé le cas d'aucune baisse d'immunité au cas de baisse d'immunité au bout de trois mois. Pour tenir compte de toutes les mesures de santé publique qui n'ont pas été modélisées explicitement, le coefficient de mesure de santé publique a été ajusté manuellement, de sorte que le jour 0, le R_t prévu correspondait à l'estimation de $R_t \approx 1$ dans la région de Durham pour le mois de novembre 2021. Les résultats sont illustrés dans la **figure 5**.

Figure 5 : Incidence de la baisse de l'immunité conférée par le vaccin sur la transmission de la COVID-19



* 12 semaines après la vaccination complète, on suppose que l'efficacité du vaccin diminue de 80 % à 45 % et que la réduction de la transmissibilité chez les personnes vaccinées diminue de 50 % à 24 %

Dans le cadre du programme de vaccination (novembre 2021) et d'autres mesures de santé publique à jour au moment de l'intervention, en supposant que l'immunité ne diminue pas après la vaccination, la courbe épidémiologique devrait être aplatie dès le début, et les nouvelles infections signalées quotidiennement devraient diminuer. La baisse de l'immunité réduit la probabilité



d'être protégé contre l'infection à la COVID-19 (efficacité de la vaccination) et augmente la probabilité que les personnes entièrement vaccinées transmettent la maladie. En supposant une baisse de l'immunité, le nombre de nouvelles infections signalées quotidiennement devrait être plus élevé et la courbe épidémiologique devrait s'aplatir six mois après le début de la période de simulation.

L'application de modélisation peut également simuler la transmission de maladies avec plusieurs variants. La quatrième simulation a examiné l'arrivée du variant Omicron en plus du variant Delta, ainsi que l'efficacité d'une troisième dose (de rappel) du vaccin à acide ribonucléique messager (ARNm) pour prévenir l'infection à la COVID-19, l'hospitalisation et la mort. On a supposé que le variant Omicron était quatre fois plus transmissible que le variant Delta (21). Le jour 0 de la simulation, 99 % des infections existantes étaient dues au variant Delta et 1 % au variant Omicron. Pour tenir compte de toutes les mesures de santé publique qui n'ont pas été modélisées explicitement, le coefficient de mesure de santé publique a été ajusté manuellement, de sorte que le jour 0, le R_t prévu correspondait à l'estimation de $R_t \approx 1$ dans la région de Durham pour le mois de novembre 2021. Les infections, hospitalisations et décès liés à la COVID-19 ont été comparés pour trois scénarios : 1) aucune troisième dose (rappel) du vaccin à ARNm; 2) 3 000 doses de rappel administrées par jour; et 3) 5 000 doses de rappel administrées par jour. On a supposé que la couverture de la dose de rappel commencerait à 0 % le jour 0 de la simulation, et que les doses de rappel étaient administrées jusqu'à ce que la couverture de rappel atteigne 93 % de la population admissible (18 ans ou plus). Il aurait fallu 180 jours pour atteindre une couverture de rappel de 93 %, 3 000 doses de rappel étant administrées par jour et 110 jours pour atteindre ce niveau de couverture, 5 000 doses de rappel étant administrées par jour.

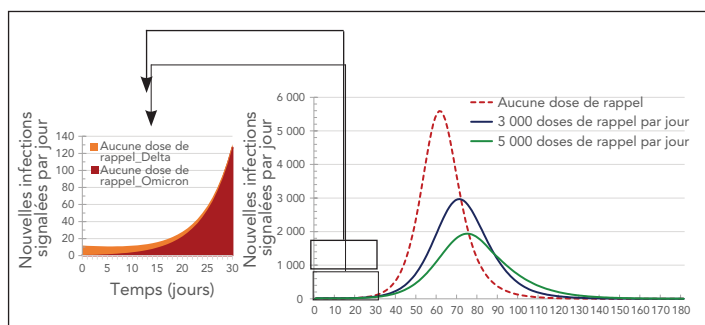
La **figure 6** montre l'incidence prévue du variant Omicron et de la troisième dose du vaccin sur la transmission de la maladie. Le nombre de nouvelles infections au variant Omicron devait dépasser le nombre de nouvelles infections au variant Delta après seulement deux semaines à partir du Jour 0, en mi-décembre 2021. En un mois, Omicron devait devenir le variant dominant et représenter la majorité (97 %) des infections. Des résultats similaires ont été trouvés par la Table consultative scientifique sur la COVID-19 de l'Ontario (25).

Les résultats de la simulation ont suggéré que les doses de rappel auraient une incidence considérable sur les infections, les hospitalisations (y compris les hospitalisations et les unités de soins intensifs) et les décès liés à la COVID-19 (**figure 6**, **figure 7** et **figure 8**). On prévoyait que plus d'un quart des infections (26 %) seraient évitées si 3 000 doses de rappel étaient administrées chaque jour dans la région de Durham, et que 41 % des infections seraient évitées si 5 000 doses de rappel étaient administrées chaque jour. L'administration de 5 000 doses de rappel par jour devrait également prévenir plus de la moitié

des hospitalisations et près de la moitié des décès (**tableau 3**, **tableau 4** et **figure 8**).

La figure 8 montre le nombre prévu de nouvelles infections signalées quotidiennement, de patients hospitalisés un jour donné, et le total des décès par statut de vaccination pour le scénario de 5 000 doses de rappel par jour. Même si l'on a prédit que les personnes vaccinées représentaient près des trois quarts des infections à la COVID-19 au 180^e jour, on prédisait qu'elles ne représentaient que 30 % des cas graves (mesurés par les hospitalisations et les décès).

Figure 6 : Incidence des doses de rappel sur la transmission de la COVID-19 avec deux variants



Remarque : La légende explique comment le variant Omicron devient largement dominante après seulement 30 jours dans le scénario sans dose de rappel

Figure 7 : Incidence des doses de rappel sur la gravité des infections à la COVID-19 avec deux variants

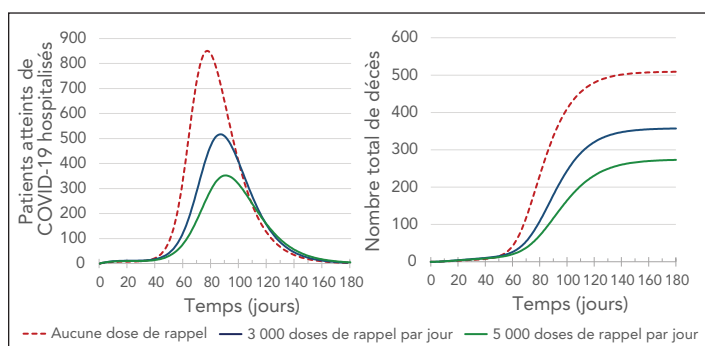


Figure 8 : Infections, hospitalisations et décès liés à la COVID-19 par statut de vaccination avec 5 000 doses de rappel administrées par jour

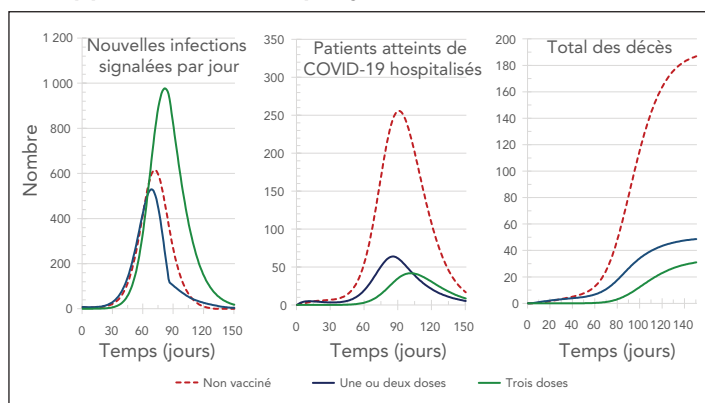




Tableau 3 : Nombre d'infections, d'hospitalisations et de décès au cours de la période de simulation (180 jours) et baisse du pourcentage par rapport au scénario « sans dose de rappel »

Groupe	Nombre total d'infections	Baisse du pourcentage du nombre total d'infections	Nbre maximal d'hospitalisations en une seule journée	Baisse du pourcentage du pic d'hospitalisations	Total des hospitalisations	Baisse du pourcentage du total des hospitalisations	Total des décès	Baisse du pourcentage du total des décès
Sans dose de rappel	558 841	-	851	-	2 558	-	509	-
3 000 doses de rappel par jour	411 500	26 %	517	39 %	1 766	31 %	357	30 %
5 000 doses de rappel par jour	328 533	41 %	352	59 %	1 354	47 %	273	46 %

Abréviation : –, sans objet

Tableau 4 : Nombre et proportion d'infections, d'hospitalisations et de décès au cours de la période de simulation (180 jours) par statut de vaccination, en supposant que 5 000 doses de rappel soient administrées par jour

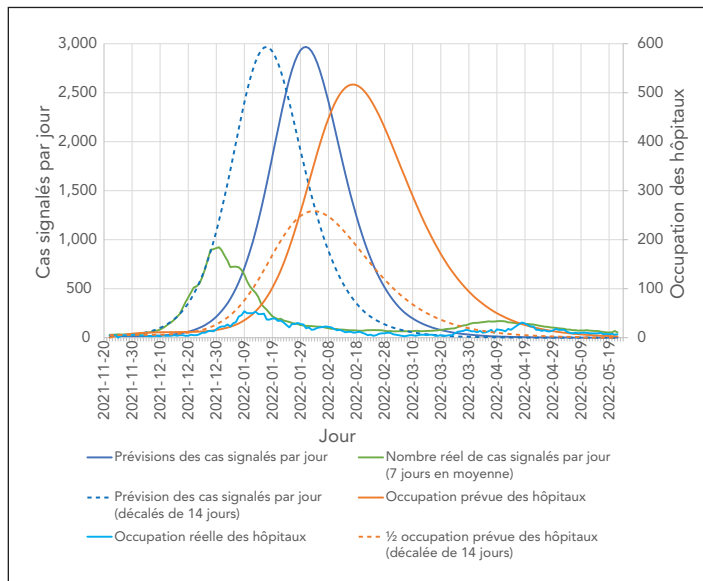
Indicateur	Nombre				Proportions		
	Non vacciné	1 ou 2 doses	3 doses	Total	Non vacciné	1 ou 2 doses	3 doses
Nombre total d'infections	90 288	74 919	163 327	328 533	27 %	23 %	50 %
Pic d'hospitalisations	256	64	42	362	71 %	18 %	12 %
Total des hospitalisations	946	241	167	1 354	70 %	18 %	12 %
Total des décès	190	50	33	273	70 %	18 %	12 %

Il est instructif de comparer les données réelles avec les résultats de simulation qui sont les plus proches du scénario qui s'est développé dans la vie réelle, à savoir la quatrième simulation, en supposant 3 000 doses de rappel administrées par jour. Les données réelles sur l'occupation des hôpitaux n'étaient pas directement disponibles et ont été estimées à partir des données d'admission quotidiennes du BSP, en supposant un séjour moyen à l'hôpital de cinq jours pour la vague dominée par Omicron. Le séjour moyen à l'hôpital a été estimé en fonction de la durée moyenne de séjour à l'hôpital selon l'âge pour une vague dominée par Omicron (26) et de la répartition par âge des admissions à l'hôpital pour le BSP de Durham. La comparaison est présentée à la **figure 9** pour les cas signalés quotidiennement et l'occupation des hôpitaux. Une analyse détaillée des valeurs des paramètres de simulation conduirait à la meilleure concordance entre les nombres prévus et réels impliquerait un étalonnage rigoureux du modèle en utilisant la moindre analyse de minimisation des carrés, qui ne faisait pas partie du travail déclaré ici, donc seule une analyse sommaire est fournie avec la mise en garde pour traiter cette analyse simple avec prudence. La figure 9 montre que les cas réels déclarés quotidiennement commencent à augmenter sensiblement deux semaines plus tôt que prévu par la simulation. Nous supposons que c'est parce que le jour 0 de la simulation, la vague Omicron était déjà plus avancée que prévu. En d'autres termes, la prévalence de 1 % d'Omicron supposée dans la simulation était probablement une description plus exacte de la situation le 8 novembre 2021, plutôt que le 22 novembre 2021. En ce qui concerne l'occupation des hôpitaux, il semblerait d'abord que les prévisions et les chiffres réels augmentent en même temps; toutefois, il s'agit d'un artéfact qui consiste à assumer un séjour

moyen à l'hôpital de 10 jours, alors que le séjour réel à l'hôpital pour la vague menée par Omicron était d'environ cinq jours. Cela signifie que l'occupation de l'hôpital a été surestimée par un facteur d'environ deux. Pour estimer l'accord si le point de départ de la simulation a été déplacé au 8 novembre 2021, et si le séjour à l'hôpital a été supposé être de cinq jours au lieu de 10, on peut regarder les lignes en pointillés de la figure 9, qui montrent le nombre prévu de cas déclarés et la moitié de l'occupation prévue de l'hôpital avec les deux courbes décalées dans le temps de 14 jours. L'accord entre les prévisions et les infections réelles déclarées quotidiennement est maintenant assez bon pour les ~50 premiers jours de la simulation (jusqu'à la fin de décembre). Après le 28 décembre 2021, les prévisions et la courbe réelle commencent à diverger de façon marquée, le nombre réel de nouvelles infections signalées diminuant brusquement tandis que le nombre prévu continue d'augmenter. Cela pourrait être attribué à une combinaison de facteurs comme le changement de comportement public (probablement à la suite de messages publics, puisque les mesures de santé publique n'avaient pas été modifiées à ce moment-là) et une modification des règles de dépistage et de déclaration pour les nouvelles infections le 31 décembre 2021 (27). L'occupation prévue de l'hôpital est également proche de celle réelle pour les deux premiers mois de la simulation une fois le décalage horaire et la durée du séjour à l'hôpital pris en compte. La courbe d'occupation prévue de l'hôpital mène la courbe d'occupation réelle de l'hôpital d'environ deux jours; ce qui peut s'expliquer par une sous-estimation de la durée entre l'apparition des symptômes et l'hospitalisation pour les cas d'Omicron hospitalisés.



Figure 9 : Comparaison des résultats simulés avec les données réelles



Limites

Les limites du modèle actuel comprennent l'hypothèse d'une immunité complète et permanente après l'infection et l'hypothèse que l'infection avec un variant offrira l'immunité contre tous les autres variants.

Conclusion

Une nouvelle application de bureau de modélisation épidémiologique conviviale a été développée à partir d'un modèle épidémiologique déterministe à plusieurs compartiments. On peut télécharger l'application à partir du [site web IDSIM](#). L'application peut modéliser divers niveaux d'immunité conférée par le vaccin, ainsi que l'augmentation et la baisse de l'immunité avec le temps après la vaccination. La fonctionnalité de l'application a été démontrée en l'utilisant pour simuler les effets de facteurs précis sur la transmission de la COVID-19. Les résultats de la simulation ont donné plusieurs conclusions :

- Pour le variant Delta, il est impossible de réaliser l'immunité collective uniquement au moyen de la vaccination. Pour maintenir un nombre de reproduction inférieur à un, des mesures de santé publique doivent être en place jusqu'à ce que l'immunité naturelle obtenue par l'infection par le virus, ainsi que l'immunité par la vaccination, portent l'immunité globale au niveau nécessaire pour l'immunité collective. L'immunité collective est encore plus difficile à atteindre avec le variant Omicron plus transmissible.
- La baisse de l'immunité conférée par le vaccin prolonge le temps nécessaire pour que les mesures de santé publique restent en place et le temps nécessaire pour s'approcher de l'immunité collective par des infections supplémentaires.
- Le variant Omicron a rapidement surpassé le variant Delta. Les résultats suggèrent que cela se produira dans les deux semaines suivant le début de la simulation et que le nombre de nouveaux cas quotidiens devrait commencer à diminuer après deux à trois mois, selon le taux d'administration des doses de rappel.
- Les doses de rappel contribuent grandement à atténuer les effets de la baisse de l'immunité et de l'évasion immunitaire en réduisant les infections, les hospitalisations et les décès par la COVID-19.
- L'application IDSIM peut aider les BSP en leur fournissant un contrôle sur les simulations dont ils ont besoin en fonction de la situation locale et de la nature changeante de la COVID-19, y compris de nouveaux variants et sous-variants, en modifiant l'admissibilité, la couverture et l'efficacité des vaccins et en modifiant les mesures de santé publique. L'outil fournit des résultats propres au BSP qui peuvent servir à améliorer d'autres renseignements locaux, provinciaux, nationaux et internationaux. Dans la région de Durham, des prévisions hebdomadaires ont été produites pour les dirigeants du ministère de la Santé et communiquées au réseau hospitalier local pour aider à se préparer à d'éventuelles augmentations des cas et des hospitalisations.

Le modèle est en cours d'extension pour inclure des options en vue de modéliser la réinfection avec le même variant ou un variant différent, ainsi que le nombre de contacts par jour selon la strate. L'inclusion de ces nouvelles fonctions permettra des simulations plus réalistes, y compris l'étude d'épidémies annuelles, peut-être saisonnières, dans des conditions endémiques.

Même si la COVID-19 a donné l'impulsion à ce travail, le modèle élaboré et l'application de bureau sont suffisamment souples pour s'appliquer à d'autres maladies transmissibles surveillées par les BSP. On s'attend donc à ce que l'IDSIM soit un complément bienvenu aux outils actuellement utilisés par les épidémiologistes dans les BSP.

Déclaration des auteurs

Voici les contributions de chaque auteur au travail déclaré.

E. N. — Conceptualisation, méthodologie, logiciel, rédaction de l'ébauche initiale, rédaction, révision et édition, supervision, administration de projet, acquisition de financement
M. P. — Conceptualisation, méthodologie, rédaction, révision et édition, supervision
F. X. — Conceptualisation, méthodologie, analyse officielle, enquête, traitement des données, rédaction de l'ébauche initiale, rédaction-révision et édition, visualisation
P. S. — Conceptualisation, méthodologie, logiciel, rédaction, révision et édition, visualisation
A. P. — Conceptualisation, méthodologie, traitement des données, rédaction, révision et édition
Le contenu de l'article et les points de vue qui y sont exprimés n'engagent que les auteurs et ne correspondent pas nécessairement à ceux du gouvernement du Canada.



Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Les travaux déclarés ont été appuyés en partie par une subvention COVID-19 de l'Alliance du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) du Canada.

Financement

Ce travail a été appuyé par le CRSNG et par la municipalité régionale de Durham.

Références

- Gouvernement de l'Ontario. Communiqué. L'Ontario déclare la situation d'urgence pour protéger la population. Toronto, ON : Gouvernement de l'Ontario; 12 mars 2020. <https://news.ontario.ca/fr/release/56356/ontario-declare-la-situation-durgence-pour-protoger-la-population>
- Agence de la santé publique du Canada. Modélisation mathématique et la COVID-19. Ottawa, ON : ASPC; (modifié 2022-04-01). <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/maladie-coronavirus-covid-19/recherches-donnees-epidemiologiques-economiques/modelisation-mathematique.html>
- Hillmer MP, Feng P, McLaughlin JR, Murty VK, Sander B, Greenberg A, Brown AD. Ontario's COVID-19 Modelling Consensus Table: mobilizing scientific expertise to support pandemic response. *Can J Public Health* 2021;112(5): 799–806. DOI
- Ogden NH, Fazil A, Arino J, Berthiaume P, Fisman DN, Greer AL, Ludwig A, Ng V, Tuite AR, Turgeon P, Waddell LA, Wu J. Modelling scenarios of the epidemic of COVID-19 in Canada. *Can Commun Dis Rep* 2020;46(8):198–204. DOI
- Ng V, Fazil A, Waddell LA, Bancej C, Turgeon P, Otten A, Atchessi N, Ogden NH. Projected effects of nonpharmaceutical public health interventions to prevent resurgence of SARS-CoV-2 transmission in Canada. *CMAJ* 2020;192(37):E1053–E1064. DOI
- Tuite AR, Fisman DN, Greer AL. Mathematical modelling of COVID-19 transmission and mitigation strategies in the population of Ontario, Canada. *CMAJ* 2020;192(19): E497–E505. DOI
- Chowdhury R, Heng K, Shawon MSR, Goh G, Okonofua D, Ochoa-Rosales C, Gonzalez-Jaramillo V, Bhuiya A, Reidpath D, Prathapan S, Shahzad S, Althaus CL, Gonzalez-Jaramillo N, Franco OH; Global Dynamic Interventions Strategies for COVID-19 Collaborative Group. Dynamic interventions to control COVID-19 pandemic: a multivariate prediction modelling study comparing 16 worldwide countries. *Eur J Epidemiol* 2020;35(5):389–399. DOI
- Prem K, Cook AR, Jit M. Projecting social contact matrices in 152 countries using contact surveys and demographic data. *PLoS Comput Biol* 2017;13(9):e1005697. DOI
- Santé publique Ontario. Résumé épidémiologique amélioré. COVID-19 : mortalité clinique, identification des cas et taux d'attaque en Ontario. Toronto, ON : SPO; 2020. https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/epi/2020/06/covid19-epi-case-identification-age-only-template.pdf?sc_lang=fr
- Mossong J, Hens N, Jit M, Beutels P, Auranen K, Mikolajczyk R, Massari M, Salmaso S, Tomba GS, Wallinga J, Heijne J, Sadkowska-Todys M, Rosinska M, Edmunds WJ. Social Contacts and Mixing Patterns Relevant to the Spread of Infectious Diseases. *PLoS Med* 2008;5(3):e74. DOI
- Feehan DM, Mahmud AS. Quantifying population contact patterns in the United States during the COVID-19 pandemic. *Nat Commun* 2021;12(1):893. DOI
- Li B, Deng A, Li K, Hu Y, Li Z, Shi Y, Xiong Q, Liu Z, Guo Q, Zou L, Zhang H, Zhang M, Ouyang F, Su J, Su W, Xu J, Lin H, Sun J, Peng J, Jiang H, Zhou P, Hu T, Luo M, Zhang Y, Zheng H, Xiao J, Liu T, Tan M, Che R, Zeng H, Zheng Z, Huang Y, Yu J, Yi L, Wu J, Chen J, Zhong H, Deng X, Kang M, Pybus OG, Hall M, Lythgoe KA, Li Y, Yuan J, He J, Lu J. Infection and transmission in a large well-traced outbreak caused by the Delta SARS-CoV-2 variant. *Nat Commun* 2022;13(1):460. DOI
- Jansen L, Tegomoh B, Lange K, Showalter K, Figliomeni J, Abdalhamid B, Iwen PC, Fauver J, Buss B, Donahue M. Investigation of a SARS-CoV-2 B.1.1.529 (Omicron) Variant Cluster — Nebraska, November–December 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021;70(5152):1782–4. DOI
- Hay JA, Kissler SM, Fauver JR, Mack C, Tai CG, Samant RM, Connolly S, Anderson DJ, Khullar G, MacKay M, Patel M, Kelly S, Manhertz A, Eiter I, Salgado D, Baker T, Howard B, Dudley JT, Mason CE, Ho DD, Grubaugh ND, Grad YH. Viral dynamics and duration of PCR positivity of the SARS-CoV-2 Omicron variant. *medRxiv* 2022.01.13.22269257. DOI



15. Wang Y, Chen R, Hu F, Lan Y, Yang Z, Zhan C, Shi J, Deng X, Jiang M, Zhong S, Liao B, Deng K, Tang J, Guo L, Jiang M, Fan Q, Li M, Liu J, Shi Y, Deng X, Xiao X, Kang M, Li Y, Guan W, Li Y, Li S, Li F, Zhong N, Tang X. Transmission, viral kinetics and clinical characteristics of the emergent SARS-CoV-2 Delta VOC in Guangzhou, China. *EClinicalMedicine* 2021;40:101129. DOI
16. Liu Y, Rocklöv J. The reproductive number of the Delta variant of SARS-CoV-2 is far higher compared to the ancestral SARS-CoV-2 virus. *J Travel Medicine* 2021;28(7):taab124. DOI
17. Ito K, Piantham C, Nishiura H. Relative instantaneous reproduction number of Omicron SARS-CoV-2 variant with respect to the Delta variant in Denmark. *J Med Virol* 2022;94(5):2265–8. DOI
18. Santé publique Ontario. Premières estimations de la gravité d'Omicron en Ontario d'après une étude de cohorte appariée portant sur des cas survenus entre le 22 novembre et le 24 décembre 2021. Toronto, ON : SPO; 2021. [https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/epi/covid-19-epi-enhanced-estimates-omicron-severity-study.pdf?sc_lang=fr#:~:text=Among%20matched%20Omicron%20cases%20with,22%20and%20December%2024%2C%202021%3A&text=3%2F9%2C087%20\(%3C0.1%25\),9%2C087%20\(0.3%25\)%20Delta%20cases.&text=53%2F9%2C087%20\(0.6%25\)%20matched,9%2C087%20\(1.4%25\)%20Delta%20cases](https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/epi/covid-19-epi-enhanced-estimates-omicron-severity-study.pdf?sc_lang=fr#:~:text=Among%20matched%20Omicron%20cases%20with,22%20and%20December%2024%2C%202021%3A&text=3%2F9%2C087%20(%3C0.1%25),9%2C087%20(0.3%25)%20Delta%20cases.&text=53%2F9%2C087%20(0.6%25)%20matched,9%2C087%20(1.4%25)%20Delta%20cases)
19. Santé publique Ontario. L'efficacité des vaccins contre la COVID-19 en conditions réelles : ce que nous savons jusqu'à présent. Toronto, ON : SPO; 2021. https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/covid-wwsf/2021/04/wwsf-vaccine-effectiveness.pdf?sc_lang=fr#:~:text=5%2C22%20A%20further%20analysis,second%20dose%20of%20mRNA%20vaccine
20. Eyre DW, Taylor D, Purver M, Chapman D, Fowler T, Pouwels KB, Walker AS, Peto TEA. The impact of SARS-CoV-2 vaccination on Alpha & Delta variant transmission. *medRxiv* 2021.09.28.21264260. DOI
21. Nasreen S, Chung H, He S, Brown KA, Gubbay JB, Buchan SA, Fell DB, Austin PC, Schwartz KL, Sundaram ME, Calzavara A, Chen B, Tadrous M, Wilson K, Wilson SE, Kwong JC. Effectiveness of COVID-19 vaccines against variants of concern, Canada. *medRxiv* 2021.06.28.21259420. DOI
22. UK Health Security Agency. SARS-CoV-2 variants of concern and variants under investigation in England: Technical briefing 33. London, UK: UKHSA; December 23, 2021. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1043807/technical-briefing-33.pdf
23. Andrews N, Stowe J, Kirsebom F, Toffa S, Ricketts T, Gallagher E, Gower C, Kall M, Groves N, O'Connell AM, Simons D, Blomquist PB, Zaidi A, Nash S, Iwani Binti Abdul Aziz N, Thelwall S, Dabrera G, Myers R, Amirthalingam G, Gharbia S, Barrett JC, Elson R, Ladhani SN, Ferguson N, Zambon M, Campbell CNJ, Brown K, Hopkins S, Chand M, Ramsay M, Lopez Bernal J. Effectiveness of COVID-19 vaccines against the Omicron (B.1.1.529) variant of concern. *N Engl J Med* 2022;386(16):1532–46. DOI
24. Thompson MG, Natarajan K, Irving SA, Rowley EA, Griggs EP, Gaglani M, Klein NP, Grannis SJ, DeSilva MB, Stenehjem E, Reese SE, Dickerson M, Naleway AL, Han J, Konatham D, McEvoy C, Rao S, Dixon BE, Dascomb K, Lewis N, Levy ME, Patel P, Liao IC, Kharbanda AB, Barron MA, Fadel WF, Grisel N, Goddard K, Yang DH, Wondimu MH, Murthy K, Valvi NR, Arndorfer J, Fireman B, Dunne MM, Embi P, Azziz-Baumgartner E, Zerbo O, Bozio CH, Reynolds S, Ferdinands J, Williams J, Link-Gelles R, Schrag SJ, Verani JR, Ball S, Ong TC. Effectiveness of a Third Dose of mRNA Vaccines Against COVID-19–Associated Emergency Department and Urgent Care Encounters and Hospitalizations Among Adults During Periods of Delta and Omicron Variant Predominance — VISION Network, 10 States. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2022;71(4):139–145. DOI
25. Ontario COVID Dashboard: Percentage of Cases Caused by Different Variants in Ontario. Ontario COVID-19 Science Advisory Table. January 2022. <https://covid19-sciencetable.ca/ontario-dashboard/>
26. Tobin RJ, Wood JG, Jayasundara D, Sara G, Walker J, Martin GE, McCaw JM, Shearer FM, Price DJ. Hospital length of stay in a mixed Omicron and Delta epidemic in New South Wales, Australia. *medRxiv* 2022.03.16.22271361. DOI
27. Gouvernement de l'Ontario. Communiqué. L'Ontario met à jour ses mesures et ses directives de santé publique en réponse au variant Omicron. Les élèves retourneront physiquement en classe le 5 janvier 2022. Toronto, ON : Gouvernement de l'Ontario; 5 janvier, 2022. <https://news.ontario.ca/fr/release/1001386/lontario-met-a-jour-ses-mesures-et-ses-directives-de-sante-publique-en-reponse-au-variant-omicron>



Appendice : Modèles d'équations

A.1 Notes

Les équations de la présente appendice utilisent les notes suivantes.

Paramètres généraux, quantités et identifiants

N_s	Nombre de stratifications
k	Indice de stratification ($k = 1, 2 \dots N_s$)
n_k	Nombre de strates dans la stratification k
s_k	Indice de strate pour stratification k ($s_k = 1, 2 \dots n_k$)
g	Indice de strate combinée ($g = \{s_1, s_2 \dots s_{N_s}\}$)
n_s	Nombre total de strates combinées ($n_s = \prod_{k=1}^{N_s} n_k$)
C	Identifiant de segment. Les identifiants de segment sont décrits à la section 2.1 du document principal. Par exemple, $C = EQ$ indique le segment « Exposé en quarantaine ».

$N_{g,i,v}^C(t)$ Nombre de personnes dans le segment C appartenant à la strate g combinée, avec le niveau d'immunisation i , touchées par le variant v , au moment t .

$$N_{g,i,v}^{EQ}(t)$$

Par exemple, $N_{g,i,v}^{EQ}(t)$ indique le nombre de personnes exposées et mises en quarantaine.

N Population totale

χ Probabilité de transmission avec contact (avec une personne infectieuse)

Φ Taux de contact (nombre de contacts [avec d'autres personnes] qu'une personne [susceptible] a par unité de temps [jour])

Paramètres de stratification

α_{k,s_k}^{sus}	Modulateur de susceptibilité pour la strate s_k de stratification k
α_g^{sus}	Modulateur de susceptibilité pour la strate combinée g ($\alpha_g^{sus} = \prod_{k=1}^{N_s} \alpha_{k,s_k}^{sus}$)
α_{k,s_k}^{sev}	Module de gravité pour la strate s_k de stratification k

α_g^{sev} Module de gravité pour la strate combinée g

$$(\alpha_g^{sev} = \prod_{k=1}^{N_s} \alpha_{k,s_k}^{sev})$$

Paramètres de variant

T_v^{lat}	Temps de latence (depuis l'exposition) pour le variant v
T_v^{inc}	Durée d'incubation (depuis l'exposition) pour le variant v
T_v^{hos}	Durée d'hospitalisation pour les cas graves (depuis l'exposition) pour le variant v
T_v^{rec-ns}	Délai de rétablissement pour les cas non graves (depuis l'exposition) pour le variant v
$T_v^{hos-rec}$	Temps de guérison après l'hospitalisation (pour les cas graves qui se rétablissent)
$T_v^{hos-dec}$	Heure de décès après l'hospitalisation (pour les cas graves qui ne se rétablissent pas)
χ_v	Probabilité de transmission par contact
γ_v^{sym}	Fraction des personnes infectieuses symptomatiques
γ_v^{sev}	Fraction des personnes symptomatiques infectieuses qui présentent des symptômes graves
$\gamma_v^{hos-rec}$	Fraction des personnes hospitalisées en rétablissement

Paramètres d'immunisation

$\theta_{i,v}^{tra}$	Facteur de transmission pour le variant v et le niveau d'immunisation i
$\theta_{i,v}^{sus}$	Facteur de susceptibilité pour le variant v et le niveau d'immunisation i
$\theta_{i,v}^{sev}$	Facteur de gravité pour le variant v et le niveau d'immunisation i
R_i^{vac}	Personnes avec un niveau d'immunité i vaccinées par unité de temps (jour)
T_i^{vac}	Temps (jours) passé au niveau d'immunité i avant de passer au niveau d'immunité $i + 1$

Remarque : Pour les niveaux d'immunisation i , pour lesquels la progression vers le niveau $i + 1$ se fait par la vaccination,

$$R_i^{vac} \neq 0 \text{ et } \frac{1}{T_i^{vac}} = 0.$$

Pour les niveaux d'immunisation, i , pour lesquels la progression vers le niveau $i + 1$ se fait par le simple passage du temps (par exemple dans le cas de l'augmentation de la protection après la vaccination ou en cas de baisse de protection),

$$R_i^{vac} = 0 \text{ et } \frac{1}{T_i^{vac}} \neq 0. \text{ En bref, soit } R_i^{vac} \text{ ou } T_i^{vac}, \text{ mais pas les deux, s'applique à un niveau d'immunité } i, \text{ et } \frac{R_i^{vac}}{T_i^{vac}} = 0.$$

Paramètres des mesures de santé publique

γ^q Fraction des personnes exposées qui sont mises en quarantaine avec succès

γ^{ti} Fraction des personnes infectieuses testées et isolées avec succès

σ^{phm} Coefficient pour d'autres mesures de santé publique non précisées

A.2 Force d'infection

La force (risque) d'infection est la probabilité d'exposition par unité de temps d'une personne susceptible. La force de l'infection est signalée par $\lambda_{g,i,v}(t)$ et contient l'expression suivante :

$$\lambda_{g,i,v}(t) = \sigma^{phm} \alpha_g^{sus} \theta_{i,v}^{sus} \sum_{i'} \theta_{i',v}^{tra} \chi_v \Phi \frac{1}{N - \sum_{g'',i'',v''} N_{g'',i'',v''}^D(t)} \sum_{g'} \sum_{C \in \text{infectieux, dans la communauté}} N_{g',i',v'}^C(t) \quad \#1$$

Pour un petit nombre de décès, $\sum_{g',i',v'} N_{g',i',v'}^D(t) \ll N$, la

force d'infection peut être estimée par :

$$\lambda_{g,i,v}(t) \approx \sigma^{phm} \alpha_g^{sus} \theta_{i,v}^{sus} \sum_{i'} \theta_{i',v}^{tra} \chi_v \Phi \frac{1}{N} \sum_{g'} \sum_{C \in \text{infectieux, dans la communauté}} N_{g',i',v'}^C(t) \quad \#2$$

A.3 Vaccination

Seules les personnes qui sont susceptibles ou qui sont autrement dans la communauté (ni isolées ni mises en quarantaine) et qui ne sont pas symptomatiques sont vaccinées dans des circonstances normales. Par conséquent, le nombre de personnes « vaccinables » ayant un niveau d'immunisation i , à un moment donné, est le suivant :

$$N_i^{vac}(t) = \sum_g N_{g,i}^S(t) + \sum_g \sum_v N_{g,i,v}^{EC}(t) + \sum_g \sum_v N_{g,i,v}^{ICA}(t) + \sum_g \sum_v N_{g,i,v}^{ICPM}(t) + \sum_g \sum_v N_{g,i,v}^{ICPS}(t) \quad \#3$$

Si les personnes exposées et infectieuses sont beaucoup moins nombreuses que les personnes susceptibles, on peut supposer que seules les personnes susceptibles sont vaccinées, et le nombre de personnes vaccinables peut être estimé comme suit :

$$N_i^{vac}(t) \approx \sum_g N_{g,i}^S(t) \quad \#4$$

Ce travail suppose que seules les personnes susceptibles sont vaccinées.

Avec les notes ci-dessus, les équations de bilan pour chaque segment sont écrites comme ci-dessous.

A.4 Équations de bilan

$$\frac{d}{dt} N_{g,i}^S(t) = - \left(\sum_v \lambda_{g,i,v}(t) \right) \times N_{g,i}^S(t) + R_{i-1}^{vac} \frac{N_{g,i-1}^S(t)}{N_{i-1}^{vac}(t)} + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1}^S(t) - R_i^{vac} \frac{N_{g,i}^S(t)}{N_i^{vac}(t)} - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i}^S(t) \quad \#5$$

Les quatrième et cinquième termes à droite représentent le taux auquel les personnes ayant le niveau actuel d'immunisation passent au niveau $i + 1$. Comme on l'explique dans la remarque liée aux paramètres d'immunisation, un seul des deux termes est différent de zéro. De même, les termes deux et trois sur la droite représentent le taux auquel les personnes ayant le niveau actuel d'immunisation $i - 1$ passent au niveau i , et seul l'un d'entre eux est différent de zéro.

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{EC}(t) = (1 - \gamma^q) \lambda_{g,i,v}(t) \times N_{g,i,v}^S(t) + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{EC}(t) \quad \#6$$

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{EQ}(t) = \gamma^q \lambda_{g,i,v}(t) \times N_{g,i,v}^S(t) + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1,v}^{EQ}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{EQ}(t) \quad \#7$$

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{ICA}(t) = (1 - \gamma^{sym}) (1 - \gamma^{ti}) \frac{1}{T_{i-1}^{lat}} \times N_{g,i-1,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_v^{rec} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{ICA}(t) + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1,v}^{ICA}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{ICA}(t) \quad \#8$$

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{ICPM}(t) = (1 - \alpha_g^{sev} \gamma_v^{sev}) \gamma_v^{sym} (1 - \gamma^{ti}) \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{ICPM}(t) + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1,v}^{ICPM}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{ICPM}(t) \quad \#9$$

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{ICPS}(t) = \alpha_g^{sev} \gamma_v^{sev} \gamma_v^{sym} (1 - \gamma^{ti}) \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{ICPS}(t) + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1,v}^{ICPS}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{ICPS}(t) \quad \#10$$

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IIA}(t) = (1 - \gamma^{sym}) \gamma^{ti} \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_v^{rec} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IIA}(t) + \frac{1}{T_{i-1}^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IIA}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IIA}(t) \quad \#11$$



$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IPM}(t) = (1 - \alpha_g^{sev} \gamma_v^{sev}) \gamma_v^{sym} \gamma^{ti} \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IPM}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IPM}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IPM}(t)$$

#12

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IPS}(t) = \alpha_g^{sev} \gamma_v^{sev} \gamma_v^{sym} \gamma^{ti} \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EC}(t) - \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IPS}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IPS}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IPS}(t)$$

#13

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IQA}(t) = (1 - \gamma_v^{sym}) \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EQ}(t) - \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IQA}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IQA}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IQA}(t)$$

#14

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IQPM}(t) = (1 - \alpha_g^{sev} \gamma_v^{sev}) \gamma_v^{sym} \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EQ}(t) - \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IQPM}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IQPM}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IQPM}(t)$$

#15

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IQPS}(t) = \alpha_g^{sev} \gamma_v^{sev} \gamma_v^{sym} \frac{1}{T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{EQ}(t) - \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IQPS}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IQPS}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IQPS}(t)$$

#16

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{ICSM}(t) = \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{ICPM}(t) - \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{ICSM}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{ICSM}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{ICSM}(t)$$

#17

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{ICSS}(t) = \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{ICPS}(t) - \frac{1}{T_v^{hos} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{ICSS}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{ICSS}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{ICSS}(t)$$

#18

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IISM}(t) = \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IIPM}(t) - \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{IISM}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IISM}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IISM}(t)$$

#19

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IISS}(t) = \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IIPS}(t) - \frac{1}{T_v^{hos} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{IISS}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IISS}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IISS}(t)$$

#20

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IQSM}(t) = \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IQPM}(t) - \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{IQSM}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IQSM}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IQSM}(t)$$

#21

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{IQSS}(t) = \frac{1}{T_v^{inc} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IQPS}(t) - \frac{1}{T_v^{hos} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{IQSS}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{IQSS}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{IQSS}(t)$$

#22

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{HR}(t) = \gamma_v^{hos-rec} \times \frac{1}{T_v^{hos} - T_v^{inc}} \times [N_{g,i,v}^{ICSS}(t) + N_{g,i,v}^{IISS}(t) + N_{g,i,v}^{IQSS}(t)] - \frac{1}{T_v^{hos-rec}} \times N_{g,i,v}^{HR}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{HR}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{HR}(t)$$

#23

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^{HD}(t) = (1 - \gamma_v^{hos-rec}) \times \frac{1}{T_v^{hos} - T_v^{inc}} \times [N_{g,i,v}^{ICSS}(t) + N_{g,i,v}^{IISS}(t) + N_{g,i,v}^{IQSS}(t)] - \frac{1}{T_v^{hos-rec}} \times N_{g,i,v}^{HD}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^{HD}(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^{HD}(t)$$

#24

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^R(t) = \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{ICA}(t) + \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{ICSM}(t) + \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IIA}(t) + \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{IISM}(t) + \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{lat}} \times N_{g,i,v}^{IQA}(t) + \frac{1}{T_v^{rec-ns} - T_v^{inc}} \times N_{g,i,v}^{IQSM}(t) + \frac{1}{T_v^{hos-rec}} \times N_{g,i,v}^{HR}(t) + \frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^R(t) - \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^R(t)$$

#25

$$\frac{d}{dt} N_{g,i,v}^D(t) = \frac{1}{T_v^{hos-rec}} \times N_{g,i,v}^{HD}(t)$$

#26

Dans les équations de bilan no 6 à no 25, correspondant à tout segment C autre que S, les deux termes du côté droit du type

$$\frac{1}{T_v^{vac}} N_{g,i-1,v}^C(t) \quad \text{et} \quad \frac{1}{T_i^{vac}} N_{g,i,v}^C(t)$$

#17

respectivement, le taux auquel les personnes atteintes du niveau d'immunisation $i - 1$ actuel passent au niveau d'immunisation i et le taux auquel les personnes atteintes du niveau d'immunisation actuel passent au niveau d'immunisation $i + 1$, au fil du temps.

#18

Selon le type de simulation souhaité, un ou les deux termes peuvent être nuls (voir aussi la remarque précédente pour les paramètres d'immunisation).

#19

#20

#21

#22

Tendances démographiques de l'exposition à une éclosion de COVID-19 et de la transmission de cas dans une communauté rurale canadienne, 2020

Kaitlin Patterson^{1*}, Mathieu Chalifoux², Rita Gad², Shannon Leblanc², Paige Paulsen², Louise Boudreau³, Theresa Mazerolle⁴, Mariane Pâquet²

Résumé

Contexte : Une éclosion de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) en milieu communautaire a été déclarée du 5 octobre au 3 décembre 2020 dans la région du Restigouche, au Nouveau-Brunswick, au Canada. Cet article décrit les caractéristiques épidémiologiques de l'éclosion et évalue les facteurs associés à sa transmission dans les communautés rurales afin d'éclairer les mesures et les programmes de santé publique.

Méthodes : Une liste de lignes provinciales a été élaborée à partir des entrevues de cas et des contacts. Des méthodes épidémiologiques descriptives ont été utilisées pour caractériser l'éclosion. On a estimé les taux d'incidence parmi les contacts et par sexe pour la population régionale.

Résultats : Au cours de la période d'observation, 83 cas de COVID-19 confirmés en laboratoire ont été recensés. L'âge des cas variait de 10 à 89 ans (la médiane du groupe d'âge était de 40 à 59 ans) et 51,2 % des cas étaient de sexe masculin. Les dates d'apparition des symptômes variaient du 27 septembre au 27 octobre 2020, et 83 % des cas étant symptomatiques. Un groupe de premiers cas lors d'un événement social a entraîné de multiples éclosions en milieu de travail, bien que la majorité des cas aient été liés à la transmission dans les ménages. Des réseaux sociaux complexes et qui se chevauchent ont entraîné de multiples événements d'exposition, ce qui a quelque peu embrouillé les voies de transmission. Le taux d'incidence chez les hommes était plus élevé que chez les femmes, les hommes étaient beaucoup plus susceptibles d'être exposés à la transmission au travail que les femmes, et les hommes étaient les cas index les plus courants dans un ménage. Aucune transmission en milieu scolaire chez les enfants n'a été documentée malgré de multiples expositions.

Conclusion : Cette enquête a mis en évidence la nature et la complexité sexospécifiques d'une éclosion de COVID-19 dans une collectivité rurale canadienne. Des mesures ciblées dans les milieux de travail et des messages stratégiques à l'intention des hommes sont probablement nécessaires pour accroître la sensibilisation et le respect des mesures de santé publique afin de réduire la transmission dans ces milieux.

Citation proposée : Patterson KA, Chalifoux M, Gad RR, Leblanc S, Paulsen P, Pâquet M. Tendances démographiques de l'exposition à une éclosion de COVID-19 et de la transmission de cas dans une communauté rurale canadienne, 2020. Relevé des maladies transmissibles au Canada 2022;48(10):512–9. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a06f>

Mots-clés : COVID-19, Canada, éclosion, maladies infectieuses émergentes, transmission dans les ménages, transmission en milieu de travail, genre, collectivités rurales

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



Affiliations

¹ Programme canadien d'épidémiologie de terrain, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON

² Ministère de la Santé du Nouveau-Brunswick, Fredericton, NB

³ Réseau de santé Vitalité, Bathurst, NB

⁴ Réseau de santé Vitalité, Richibucto, NB

*Correspondance :

kaitlin.patterson@phac-aspc.gc.ca



Introduction

La région du Restigouche est située dans le centre-nord du Nouveau-Brunswick. Elle compte 30 955 habitants sur un territoire de 8 580 km² (1). Avec une densité de population de 3,6 personnes par km² et aucun centre urbain comptant plus de 30 000 habitants, le Restigouche est considérée comme une région rurale (1). Entre le 1^{er} janvier et le 4 octobre 2020, la région du Restigouche n'a signalé que 98 cas de la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) et des taux de transmission relativement faibles dans les communautés. Il s'agit ici d'une éclosion dans une communauté de la région du Restigouche où de multiples chaînes de transmission ont entraîné le dépistage de 83 cas de COVID-19 entre le 5 octobre et le 4 novembre 2020. L'éclosion a été déclarée le 9 octobre 2020, à la suite de l'identification d'un premier groupe de sept cas à la suite d'une rencontre sociale.

Il y a peu de rapports sur les éclosions de COVID-19 en milieu rural où les réseaux sociaux se chevauchent de façon complexe dans la documentation publiée. Étant donné que de nombreuses régions rurales et éloignées ont une capacité limitée de gérer et de traiter la COVID-19, les services essentiels peuvent être rapidement paralysés, car des personnes travaillant dans ces services peuvent être victimes des éclosions en tant que cas ou contacts. Par conséquent, des données probantes sont nécessaires pour éclairer les mesures de santé publique ciblées et les programmes de prévention et de gestion des éclosions dans ces communautés rurales. Les objectifs de cette analyse de l'éclosion sont de décrire l'éclosion, d'évaluer les facteurs qui ont mené à la propagation et à la transmission et d'éclairer les recommandations en matière de mesures et de programmes de santé publique dans les communautés rurales.

Méthodes

Des infirmières de la santé publique des deux réseaux de santé du Nouveau-Brunswick (Réseau de santé Vitalité et Réseau de santé Horizon) ont dirigé la collecte de données au moyen d'enquêtes de cas et d'entrevues de recherche des contacts. Le ministère de la Santé du Nouveau-Brunswick a également demandé l'aide du Programme canadien d'épidémiologie de terrain pour fournir un soutien épidémiologique à l'équipe d'enquête, et le travail a été effectué en collaboration avec ces organismes.

Les sources de données comprenaient des entrevues détaillées sur les cas et les contacts, une ligne téléphonique provinciale sur les cas et la documentation des mesures de santé publique mises en œuvre pendant l'éclosion (e.g. pages Web, communiqués de presse, documents internes du gouvernement).

Les cas d'éclosion ont été définis comme ceux dont le cas a été confirmé en laboratoire au moyen de tests de réaction en

chaîne par polymérase (PCR) avec détection de l'acide nucléique du coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2), qui étaient des résidents ou des visiteurs de la région du Restigouche dont l'épisode a eu lieu du 27 septembre 2020 au 5 novembre 2020 (inclusivement), et dont la source d'acquisition n'était pas liée aux voyages. On a attribué à chaque cas une date d'épisode pour l'analyse en utilisant la date de l'apparition des symptômes ou, pour les cas asymptomatiques, la date du prélèvement positif d'échantillons de laboratoire. L'éclosion a été déclarée terminée le 3 décembre 2020 (après 28 jours ou deux périodes d'incubation de la COVID-19) à partir du dernier cas confirmé le 4 novembre 2020 (2).

Les méthodes d'enquête comprenaient l'épidémiologie descriptive (e.g. tableaux de fréquence, courbes épidémiologiques) à l'aide des outils de collecte de données disponibles, et des entrevues de cas supplémentaires pour éclairer l'étendue de l'éclosion et l'élaboration des diagrammes des réseaux sociaux. Pour examiner les milieux de transmission possibles, il s'agissait de définir les événements et les lieux de regroupement où trois cas ou plus étaient liés d'un point de vue épidémiologique.

Lorsque plusieurs paramètres d'exposition ont été déterminés, un cadre de transmission le plus probable a été attribué pour chaque cas (famille/ménage, interaction sociale ou milieu de travail), du plus probable au moins probable. Afin de déterminer les milieux d'exposition les plus probables, l'étude a examiné la période infectieuse des cas présents dans chaque milieu en fonction de la date d'apparition des symptômes (cas symptomatiques) ou de la date de prélèvement des échantillons (cas asymptomatiques) et du risque d'exposition. Les cas qui étaient des cas secondaires dans leur ménage (définis par la date d'apparition des symptômes ou la date du test) ont été classés dans la catégorie de l'exposition dans le ménage.

Tous les cas ont fait l'objet d'entrevues pour déterminer la source d'exposition (recherche des contacts en amont) et tous les contacts qui auraient pu être exposés à cette personne (recherche des contacts en aval). Au début de l'éclosion, il n'y avait aucune recommandation de santé publique aux membres de la communauté concernant le port d'un masque et aucun vaccin n'était disponible. Les personnes qui ont été en contact étroit (i.e. à moins de deux mètres de distance pendant 15 minutes ou plus) avec des cas au cours de leur période infectieuse ont été classées comme des contacts, conformément aux recommandations formulées par le [gouvernement du Canada](#) au moment de cette éclosion. Nous avons calculé le taux d'attaque secondaire entre les contacts en divisant le nombre de contacts connus qui sont devenus des cas par le nombre total de contacts identifiés.



Il s'agissait ensuite de calculer les taux d'incidence régionaux en général et selon l'âge et le genre. Le genre dans le cadre du formulaire d'enquête de cas, était défini comme les rôles, les comportements, les expressions et les identités socialement reconnus des filles, des femmes, des garçons, des hommes et des personnes de diverses identités de genre (les options pour cette variable étaient des hommes, des femmes, un genre autre ou inconnu). Pour le taux d'incidence global, le nombre total de cas confirmés en laboratoire a été divisé par le nombre de résidents du Restigouche selon le recensement de 2016 (1). Il s'agissait de diviser le nombre de cas confirmés en laboratoire selon l'âge et le genre par les populations résidentes respectives selon le recensement.

Des tableaux croisés (khi carré ou la méthode exacte de Fisher pour les variables catégoriques ou binaires) et des tests T (pour les variables continues) ont été utilisés pour examiner les différences dans les résultats en matière de gravité, du nombre de contacts, des expositions et des délais de test selon l'âge et le sexe. Les statistiques descriptives ont été effectuées à l'aide de STATA, les graphiques ont été produits à l'aide d'Excel et le diagramme du réseau social a été produit en R.

Résultats

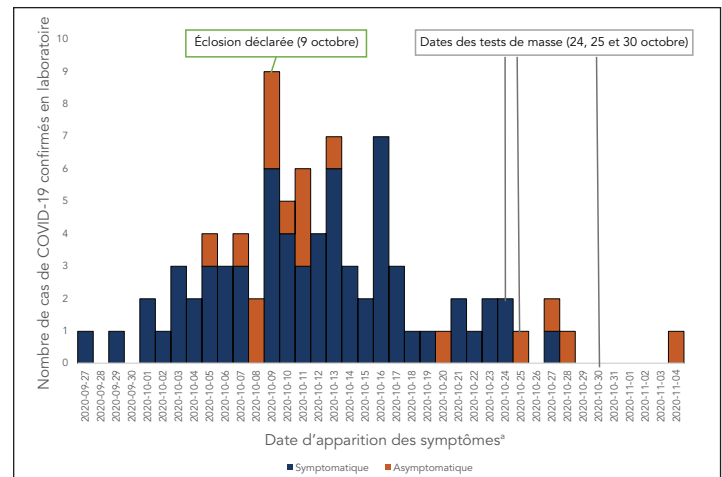
Données démographiques sur les cas et les tests

Au total, 83 cas confirmés en laboratoire ont été associés à l'éclosion dans la communauté de la région du Restigouche entre le 27 septembre 2020 et le 5 novembre 2020 (**figure 1**) et 5 312 tests ont été effectués. Aucun des cas n'a été séquencé génétiquement. De plus, au cours de l'éclosion, les personnes asymptomatiques ont pu se faire tester masse pendant trois jours dans la région du Restigouche (1 985 tests ont été effectués les 24, 25 et 30 octobre pendant ces tests de masse). Un peu plus de femmes (58 %) ont été testées que d'hommes (42 %), et la majorité (65 %) des tests ont été effectués pour des personnes de 40 à 79 ans.

Le taux global de positivité au test était de 1,70 % (2,76 % excluant les tests de masse) pendant la période d'éclosion. Parmi les cas confirmés en laboratoire, la proportion la plus élevée était chez les 40 à 49 ans (38 %), et 52 % des cas étaient de sexe masculin (**tableau 1**). Dans l'ensemble, les hommes avaient un taux d'incidence plus élevé que les femmes (**figure 2**). Aucun des cas n'a été déclaré comme « autre sexe » ou « inconnu ».

Un premier agrégat de sept cas a été repéré à la suite d'un rassemblement social; les personnes présentes à l'événement ne portaient pas de masque et ne pratiquaient pas de distanciation physique. La date d'apparition des symptômes et la recherche des contacts ont été utilisées pour déterminer le cas source probable (date d'apparition des symptômes la plus précoce avec la COVID-19 confirmée en laboratoire). Aucun des

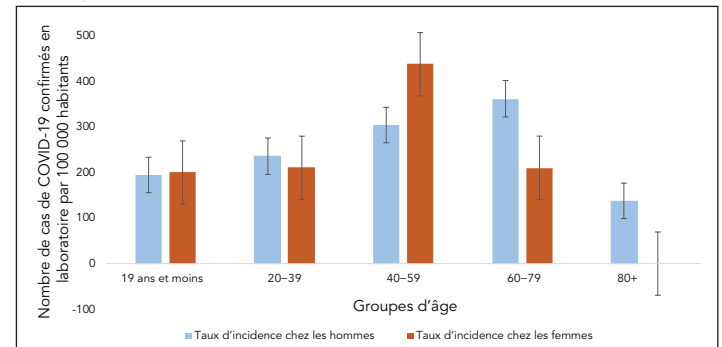
Figure 1 : Nombre de cas confirmés d'éclosion de COVID-19 dans la région du Restigouche, au Nouveau-Brunswick, selon la date des symptômes^a (n = 83), entre le 27 septembre et le 5 novembre 2020



Abbréviation : COVID-19, maladie à coronavirus 2019

^a Pour les cas asymptomatiques, on a utilisé la date du prélèvement

Figure 2 : Taux d'incidence des cas confirmés de COVID-19 selon l'âge et le genre dans la région du Restigouche, au Nouveau-Brunswick, recensés entre le 27 septembre et le 5 novembre 2020



Abbréviation : COVID-19, maladie à coronavirus 2019

premiers cas n'avait d'antécédents de voyage ou de contact avec des cas connus à l'extérieur de la communauté. Étant donné que la région du Restigouche est située à la frontière du Nouveau-Brunswick et du Québec, et que les régions du Québec (Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine et Bas-Saint-Laurent) qui bordent le Nouveau-Brunswick ont connu une transmission communautaire et plusieurs éclosions au cours des semaines précédant cette éclosion (3), l'introduction la plus probable provenait de voyages interprovinciaux. Dans le cadre de la « bulle de l'Atlantique », les frontières du Nouveau-Brunswick étaient contrôlées au niveau des déplacements interprovinciaux à l'extérieur des provinces de l'Atlantique (4); toutefois, les résidents des deux côtés de la frontière entre le Québec et le Nouveau-Brunswick étaient exemptés des restrictions de déplacement s'ils voyageaient pour des raisons essentielles (e.g. travail, école et services d'urgence) (5). Il y a eu une série d'événements et de rassemblements à l'intérieur et à l'extérieur au cours des semaines précédant l'identification de l'éclosion qui ont été mentionnés pendant les enquêtes sur les cas et qui



Tableau 1 : Données descriptives sur les cas confirmés de COVID-19 dans la région du Restigouche, au Nouveau-Brunswick, entre le 27 septembre et le 5 novembre 2020

Caractéristiques	Nombre de cas confirmés	
	n	%
Âge (en années)	83	100
19 ans et moins	10	12,1
20 à 39	13	15,7
40 à 59	32	38,6
60 à 79	27	32,5
80 ans et plus	1	1,2
Genre		
Homme	43	51,8
Femme	40	48,2
Symptômes au moment de l'entrevue		
Asymptomatique	14	16,9
Symptomatique	69	83,1
Gravité^a		
Hospitalisations	5	6,0
Admissions aux unités de soins intensifs	3	3,6
Ventilation mécanique	2	2,4
Décédés	2	2,4
Délai de test parmi les cas symptomatiques		
Durée du test après l'apparition des symptômes (jours)	0–12	s.o.
Temps moyen de dépistage après l'apparition des symptômes (jours)	2,78	s.o.
Temps médian avant le test, après l'apparition des symptômes (jours)	3	s.o.
Contacts^b		
Plage du nombre de contacts	0–34	s.o.
Nombre moyen de contacts	6,43	s.o.
Nombre médian de contacts	4,5	s.o.

Abbréviations : COVID-19, maladie à coronavirus 2019; s.o., sans objet

^a Les catégories de gravité ne sont pas mutuellement exclusives. Au total, cinq cas ont été hospitalisés, parmi ces cinq cas, trois ont été admis aux soins intensifs. Parmi ces trois cas, deux ont nécessité une ventilation mécanique, et les deux sont morts

^b Ces chiffres excluent les cas de jeunes de 19 ans et moins en raison de la grande influence du nombre de contacts scolaires

ne concordaient pas avec les périodes d'exposition standard (e.g. plus de 14 jours avant le début de l'épisode). Toutefois, des résidents du Québec et du Nouveau-Brunswick ont assisté à ces événements, ce qui peut signifier que certains cas précoces n'ont pas été détectés.

Le nombre moyen de contacts par cas était de 6,43, pour un total de 470 contacts de cas adultes. Les hommes et les femmes affichaient des nombres moyens semblables de contacts déclarés (6,25 et 6,61, respectivement), mais le nombre médian de contacts pour les hommes était plus élevé (6 contre 4). Parmi ces contacts, 39 ont donné des résultats positifs, ce qui a donné

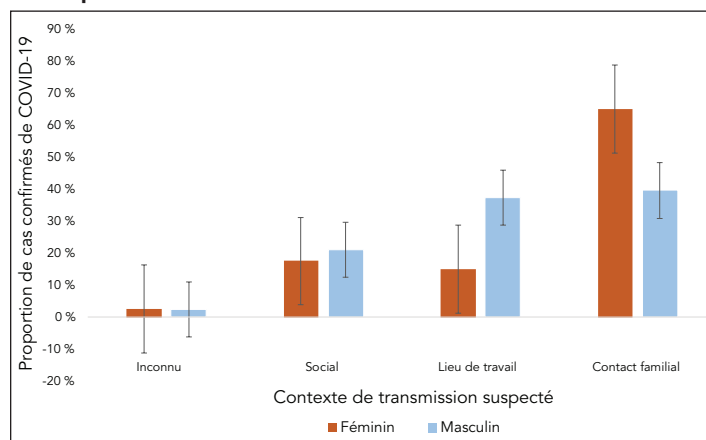
un taux d'attaque secondaire d'environ 8,2 % parmi les contacts désignés. Les autres cas n'ont pas été repérés au moyen de la recherche des contacts avant d'obtenir un résultat positif au test de dépistage de la COVID-19. Quarante-deux cas ont été liés à des cas au moyen de la recherche des contacts en amont.

Parmi les cas confirmés en laboratoire, les hommes âgés de 20 à 39 ans ont passé des tests beaucoup plus longtemps après l'apparition des symptômes (3,57 jours après l'apparition des symptômes) que les femmes (1,2 jour après l'apparition des symptômes) ($p > 0,05$). De plus, les cas âgés de 60 ans ou plus (4,64 jours après l'apparition des symptômes) ont demandé un dépistage beaucoup plus longtemps ($p > 0,01$) après l'apparition des symptômes que les cas de moins de 60 ans (2,63 jours après l'apparition des symptômes). Les hommes et les femmes présentaient des proportions semblables de cas asymptomatiques au moment des tests, des hospitalisations, des admissions aux soins intensifs, des ventilations mécaniques et des décès.

Parmi les cas de moins de 19 ans, 210 contacts ont été identifiés et isolés (le nombre moyen de contacts par cas était de 23,33, ce qui est beaucoup plus élevé que pour les cas de plus de 19 ans). Aucun cas secondaire n'a été relevé et aucune transmission n'a été observée dans les écoles, les autobus scolaires ou les activités liées aux enfants et aux adolescents. Tous les cas d'adolescents ont été liés à des contacts avec le ménage (aucun n'était le cas principal du ménage) et ils n'ont entraîné aucune transmission secondaire à des contacts non familiaux, malgré l'exposition de contacts pendant leurs périodes infectieuses.

Dans tous les cas, il y avait des différences significatives d'exposition selon le genre (**figure 3**). Les femmes étaient plus susceptibles d'être exposées par des membres de la famille ou du ménage (67 % contre 40 % $p > 0,05$), tandis que les hommes étaient plus susceptibles d'être exposés au travail ou par des interactions sociales (60 % contre 37 % $p > 0,05$).

Figure 3 : Contexte de transmission de l'éclosion de COVID-19 dans la région du Restigouche, au Nouveau-Brunswick, selon le genre, identifiés entre le 27 septembre et le 5 novembre 2020

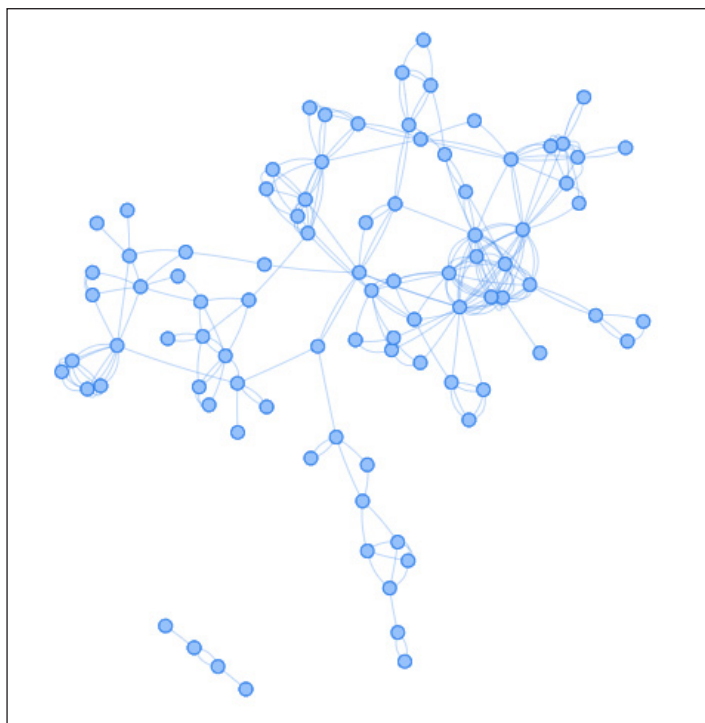


Abbréviations : COVID-19, maladie à coronavirus 2019

Agrégats spatio-temporels

Grâce à des entrevues de cas, à la recherche des contacts et à l'analyse de la liste des lignes locales, il a été possible de relier tous les cas à deux chaînes de transmission principales (figure 4). De plus, il a été possible de repérer un total de sept agrégats de trois cas confirmés ou plus associés à des contextes, à des événements ou à des endroits possibles de transmission. Un événement social a probablement précédé la majorité des chaînes de transmission identifiées lors de l'éclosion communautaire. De plus, des agrégats ont été relevés parmi les sorties sociales avec nuitée et dans plusieurs lieux de travail. Enfin, un groupe de familles que nous n'avons pas pu relier à d'autres chaînes de transmission a été identifié (figure 4).

Figure 4 : Analyse du réseau de cas de COVID-19 dans la région du Restigouche, au Nouveau-Brunswick, entre le 27 septembre et le 5 novembre 2020^{a,b}



Abbréviation : COVID-19, maladie à coronavirus 2019

^a Chaque nœud représente un cas

^b Pour des raisons de protection des renseignements personnels, la séquence des cas et des groupes n'est pas indiquée dans cette figure

Discussion

L'introduction de la COVID-19 dans la région du Restigouche s'est probablement produite par des déplacements pour des raisons essentielles entre les frontières du Nouveau-Brunswick et du Québec, compte tenu des mesures de quarantaine strictes à la frontière provinciale et de l'absence de preuve de transmission communautaire continue avant l'éclosion. Les principales hypothèses sont liées à une série d'événements et de rassemblements à l'intérieur et à l'extérieur qui ont eu lieu dans les semaines précédant l'éclosion. Des résidents du Québec et du Nouveau-Brunswick ont assisté à ces événements. La

propagation interprovinciale des cas de COVID-19 en raison des déplacements par voie terrestre a été difficile à suivre au Canada, car chaque cas est signalé au bureau de santé publique du résident. Par ailleurs, il est possible que la COVID-19 ait circulé sans être détectée au sein de la communauté à partir d'une autre source d'introduction, et qu'elle n'ait été détectée qu'après avoir atteint un seuil critique, ce qui a entraîné une propagation rapide (6). Toutefois, il est peu probable que la transmission à grande échelle ne soit pas détectée dans ce cas, étant donné la durée relativement courte et le petit nombre de cas liés à cette éclosion.

De façon générale, les hommes ont une proportion plus élevée d'infection à la COVID-19 que les femmes, et ils sont plus gravement malades et ont un taux de mortalité plus élevé (7). Au cours de cette éclosion, nous avons également constaté que le taux d'incidence chez les hommes était beaucoup plus élevé que chez les femmes et que les hommes étaient plus susceptibles d'être le cas index dans les milieux de travail et les ménages, même si moins d'hommes se soumettaient à un test de dépistage. La recherche sur d'autres résultats en matière de santé a révélé que les attentes sociales liées aux hommes dans les communautés et les milieux de travail peuvent entraîner divers comportements à haut risque (e.g. faible taux de recherche de traitements en soins de santé et conduite en état d'ébriété) (8). De nouvelles données probantes sur la COVID-19 ont révélé que les femmes sont plus susceptibles que les hommes de suivre les recommandations du gouvernement, de prendre des précautions en matière de santé (e.g. port du masque, distanciation physique, lavage des mains et confinement à la maison) et d'encourager les autres à prendre des précautions en matière de santé (9,10). Une diminution du respect des mesures de santé publique liées à la COVID-19, comme le fait de rester à la maison, la distanciation physique et la réduction des contacts a été observée au fil du temps, peu importe le genre (11). Nous avons également observé que les adultes plus âgés avaient des délais de dépistage plus longs et avaient plus de contacts que les adultes plus jeunes. Souvent, les adultes plus âgés tardaient à demander des soins, parce qu'ils sous-estimaient la gravité de leur état et attribuaient la gravité des symptômes comme inévitable en raison de leur âge (12). Par ailleurs, les adultes plus âgés peuvent avoir tardé à demander des soins parce qu'ils avaient de la difficulté à se déplacer ou qu'ils ne savaient pas où chercher de l'aide (12).

La perception du risque d'exposition à la COVID-19 peut être sous-estimée dans les régions où le nombre de cas et la transmission sont faibles dans la communauté. Plusieurs contacts de cas retrouvés au moyen de la recherche des contacts en amont n'ont pas été déclarés initialement comme contacts, car ils ne répondaient pas aux critères de « l'interaction de deux mètres/15 minutes » comme contacts pendant la période d'éclosion. Cette absence de déclaration peut être attribuable à une réticence à divulguer ces interactions, ou au fait que les personnes ont sous-estimé le temps de contact ou surestimé la distance pendant leurs interactions (13). Une autre hypothèse est



que la transmission se soit produite malgré le respect de la règle d'interaction de deux mètres/15 minutes; cependant, la plupart des cas de cette éclosion étaient liés à un contact étroit avec un cas connu. Dans les études de recherche des contacts à rebours, on a observé un effet de sur dispersion, où la probabilité de transmission varie selon le cas. Certaines personnes ayant assisté à des événements entraînent beaucoup de cas secondaires (14). Il est possible que toutes les expositions aux cas et aux événements n'aient pas été saisies.

Les réseaux sociaux complexes qui ont entraîné de multiples expositions et transmissions dans la région ont été relevés. D'autres éclosions rurales de COVID-19 ont été caractérisées de la même façon, et les enquêteurs ont utilisé d'autres approches pour classer les expositions et les ménages dans le cadre de ces interactions (15). La modélisation a démontré que les confinements complets de 14 jours dans ces collectivités étroitement connectées peuvent réduire considérablement l'ampleur et la durée de l'éclosion, ce qui pourrait réduire le nombre de cas de 95 % (16).

Aucune transmission dans les écoles ou entre les enfants n'a été détectée pendant cette éclosion, même si les enfants étaient en contact pendant leur période infectieuse. Au moment de l'éclosion, les enfants devaient porter un masque, toutes les activités parascolaires étaient annulées et la plupart des écoles utilisaient des cohortes de classes pour atténuer la propagation potentielle. Deux cent dix personnes ont dû s'isoler pendant 14 jours après leur dernière exposition identifiée en milieu scolaire; aucun cas n'a par la suite été relevé parmi ces contacts. Cette constatation est semblable aux données probantes provenant de la littérature mondiale selon lesquelles les cas de COVID-19 dans les écoles secondaires entre enfants sont rares, surtout lorsque des mesures de santé publique, comme le port du masque, sont suivies (17,18).

Recommandations de la santé publique et répercussions

La santé publique a agi rapidement pour contenir l'éclosion présentée ici en utilisant des mesures de santé publique avancées non pharmaceutiques (notamment le port obligatoire du masque dans les endroits publics, les évaluations en milieu de travail, les limites de rassemblements) et la fermeture des services non essentiels. Comme la population canadienne est de plus en plus vaccinée et que les mesures de santé publique sont réduites, il est probable que les populations sous-vaccinées connaissent un nombre accru de cas et d'éclosions. Les premières données indiquent que dans les régions rurales, l'hésitation à se faire vacciner contre la COVID-19 est plus élevée et que la couverture vaccinale est plus faible que dans les régions urbaines (19).

Pour se préparer à de futures éclosions et à l'émergence de cas, il faut tenir compte des facteurs suivants, en particulier en cas d'introduction de variants plus transmissibles :

- L'éducation en santé publique au sujet de l'efficacité des mesures de santé publique (e.g. port du masque et distanciation physique) a été efficace pour accroître la conformité volontaire aux règles et aux recommandations des administrations (6). Toutefois, des messages ciblés selon le genre et l'âge sont probablement nécessaires pour accroître le respect des mesures de santé publique, particulièrement chez les hommes âgés (7). Les messagers de confiance (e.g. chefs de groupe, pairs, amis, famille) ont été particulièrement efficaces pour défendre les mesures de santé publique, notamment la vaccination, dans les groupes ciblés et les communautés rurales et éloignées (20).
- Des approches moins rigoureuses de gestion des contacts liés à l'exposition à l'école peuvent être justifiées; toutefois, le risque dépendra des taux de transmission dans la communauté, de la nature de l'exposition, de l'âge des élèves, des taux de vaccination et du variant en circulation.
- La communication des risques liés aux voyages et à l'exposition des personnes ayant voyagé peut être nécessaire dans les régions à faible prévalence, où les risques peuvent être perçus comme inexistantes.
- Si la dotation en personnel et les ressources le permettent, il est préférable d'utiliser la recherche des contacts en amont et en aval. L'utilisation de la recherche des contacts en amont a permis de repérer de deux à trois fois plus de cas (21). Dans les régions rurales ou éloignées où l'incidence de la COVID-19 est souvent faible ou nulle, il est essentiel de déterminer les sources d'infection pour contrôler la propagation et élaborer des stratégies de prévention à l'avenir (22).
- Le nombre d'interactions importantes non reconnues comme telles était important dans ce contexte rural. Les enquêtes menées dans ces contextes peuvent bénéficier d'un ensemble plus large de critères d'identification des contacts, notamment des seuils plus bas pour la définition des interactions d'exposition (23). Les personnes peuvent sous-estimer le temps de leurs interactions (15 minutes) (e.g. « Je me suis seulement arrêté pour dire bonjour ») (24). L'amélioration de la clarté (et la modification, au besoin) des mesures de santé publique est essentielle à l'acceptation et à l'adhésion (25). Bien que ces changements puissent être irréalisables pour le suivi de la santé publique en raison des ressources limitées, cette clarification aidera la personne à évaluer le risque et à prendre des décisions dans le contexte d'éclosions et de variants plus transmissibles.

Limites

Plusieurs limites doivent être prises en considération. Premièrement, parce que 30 % des cas étaient présentés comme asymptomatiques, certaines dynamiques de transmission peuvent avoir été mal classées. Ainsi, les chercheurs ont utilisé une combinaison de renseignements sur l'exposition et la date de prélèvement pour évaluer la plausibilité. Deuxièmement, les renseignements portaient sur l'exposition autodéclarée, et la recherche des contacts à rebours n'a été mise en œuvre qu'au milieu de l'éclosion. Ce facteur peut avoir limité les



connaissances concernant certaines expositions ou certains événements de transmission. Troisièmement, il n'y avait pas de données génomiques pour déterminer si l'éclosion était liée à une ou plusieurs introductions. Au moment de l'enquête sur l'éclosion, le séquençage du génome entier n'était pas disponible au Nouveau-Brunswick. Tous les séquençages du génome ont été effectués par le Laboratoire national de microbiologie de Winnipeg, au Manitoba, et comme 95 % des cas étaient liés épidémiologiquement, le séquençage des cas d'éclosion n'était pas une priorité.

Conclusion

Cette enquête a mis en évidence la nature et la complexité sexospécifiques d'une éclosion de COVID-19 dans une communauté rurale canadienne. Des mesures ciblées dans les milieux de travail et des messages stratégiques à l'intention des hommes sont probablement nécessaires pour accroître la sensibilisation et le respect des mesures de santé publique afin de réduire la transmission dans ces milieux.

Déclaration des auteurs

K. A. P. — Conceptualisation, obtention d'ensembles de données, méthodologie, analyse et interprétation de données, rédaction et révision de l'article

M. C. — Conceptualisation, obtention d'ensembles de données, méthodologie, interprétation de données, révision de l'article

R. R. G. — Conceptualisation, obtention d'ensembles de données, interprétation de données, révision de l'article

S. L. — Conceptualisation, obtention d'ensembles de données, interprétation de données, révision de l'article

P. P. — Analyse et interprétation des données, et révision de l'article

L. B. — Conceptualisation, collecte de données, obtention d'ensembles de données, interprétation de données, révision de l'article

T. M. — Conceptualisation, collecte de données, obtention d'ensembles de données, interprétation de données, révision de l'article

M. P. — Conceptualisation, obtention d'ensembles de données, méthodologie, interprétation de données, révision de l'article

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Nous remercions tous les infirmiers et toutes les infirmières de santé publique du Réseau de santé Vitalité et du Réseau de santé Horizon qui ont appuyé l'enquête sur l'éclosion et qui ont offert des services impeccables et compatissants aux clients tout au long de la pandémie de COVID-19, en particulier M. Bujold-Drapeau. Nous remercions également tous les employés de Santé publique Nouveau-Brunswick qui ont participé à l'enquête sur l'éclosion, en particulier les médecins hygiénistes et les membres de l'unité d'intervention contre la COVID-19, ainsi que la Direction générale de l'épidémiologie et de la surveillance. Nous remercions le Programme canadien d'épidémiologie de terrain, en particulier F.-W. Tremblay, A. Bilandzic et L. Caron-Poulin, et K. Wilkinson de l'Agence de la santé publique du Canada, pour leur soutien et leurs conseils pendant l'enquête sur l'éclosion et l'élaboration de cet article.

Financement

L'Agence de la santé publique du Canada et le ministère de la Santé du Nouveau-Brunswick ont appuyé ces travaux.

Références

1. Statistique Canada. Estimations de la population, 1^{er} juillet, selon la division de recensement, limites de 2016. Tableau 17-10-0139-01. Ottawa, ON : StatCan; 2022. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710013901&request_locale=fr
2. Government of New Brunswick. Six new cases / outbreak in Zone 5 over / COVID-19 vaccine planning / holiday guidance. Fredericton, NB: Government of New Brunswick; 2020. https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/departments/premier/news/news_release.2020.12.0654.html
3. Pekar J, Worobey M, Moshiri N, Scheffler K, Wertheim JO. Timing the SARS-CoV-2 index case in Hubei province. *Science* 2021;372(6540):412–7. DOI
4. CBC News. N.B. officials watching increase in COVID-19 cases across Québec border. September 16, 2020. <https://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/cases-spike-in-eastern-quebec-1.5726522>
5. The Council of Atlantic Premiers. Atlantic Provinces Form Travel Bubble. June 24, 2020. [https://immediac.blob.core.windows.net/cap-cmha/images/Newsroom/Draft%20news%20release%20\(v7\).pdf](https://immediac.blob.core.windows.net/cap-cmha/images/Newsroom/Draft%20news%20release%20(v7).pdf)
6. CBC News. New Brunswick's travel bubble with Québec shrinks again. September 24, 2020. <https://www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/second-quebec-region-booted-1.5737538>



7. Tadiri CP, Gisinger T, Kautzy-Willer A, Kublickiene K, Herrero MT, Raparelli V, Pilote L, Norris CM; GOING-FWD Consortium. The influence of sex and gender domains on COVID-19 cases and mortality. *CMAJ* 2020;192(36):E1041–5. [DOI](#)
8. Betron M, Gottert A, Pulerwitz J, Shattuck D, Stevanovic-Fenn N. Men and COVID-19: Adding a gender lens. *Glob Public Health* 2020;15(7):1090–2. [DOI](#)
9. Clark C, Davila A, Regis M, Kraus S. Predictors of COVID-19 voluntary compliance behaviors: An international investigation. *Glob Transit* 2020;2:76–82. [DOI](#)
10. Galasso V, Pons V, Profeta P, Becher M, Brouard S, Foucault M. Gender differences in COVID-19 attitudes and behavior: Panel evidence from eight countries. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2020;117(44):27285–91. [DOI](#)
11. Crane MA, Shermock KM, Omer SB, Romley JA. Change in Reported Adherence to Nonpharmaceutical Interventions during the COVID-19 Pandemic, April–November 2020. *JAMA* 2021;325(9):883–5. [DOI](#)
12. Teo K, Churchill R, Riadi I, Kervin L, Wister AV, Cosco TD. Help-Seeking Behaviors Among Older Adults: A Scoping Review. *J Appl Gerontol* 2022;41(5):1500–10. [DOI](#)
13. Lewis D. Why many countries failed at COVID contact-tracing — but some got it right. *Nature* 2020;588(7838):384–7. [DOI](#)
14. Public Health Ontario. Focus on: Backward Contact Tracing. Toronto, ON: PHO; 2021. [https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/phm/2021/05/covid-19-backward-contact-tracing.pdf?la=en#:~:text=Backward%20contact%20tracing%20\(BCT\)%20is,than%20forward%20contact%20tracing%20alone](https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/ncov/phm/2021/05/covid-19-backward-contact-tracing.pdf?la=en#:~:text=Backward%20contact%20tracing%20(BCT)%20is,than%20forward%20contact%20tracing%20alone)
15. Lavezzo E, Franchin E, Ciavarella C, Cuomo-Dannenburg G, Barzon L, Del Vecchio C, Rossi L, Manganelli R, Loregian A, Navarin N, Abate D, Sciro M, Merigliano S, De Canale E, Vanuzzo MC, Besutti V, Saluzzo F, Onelia F, Pacenti M, Parisi SG, Carretta G, Donato D, Flor L, Cocchio S, Masi G, Sperduti A, Cattarino L, Salvador R, Nicoletti M, Caldart F, Castelli G, Nieddu E, Labella B, Fava L, Drigo M, Gaythorpe KAM; Imperial College COVID-19 Response Team, Brazzale AR, Toppo S, Trevisan M, Baldo V, Donnelly CA, Ferguson NM, Dorigatti I, Crisanti A; Imperial College COVID-19 Response Team. Suppression of a SARS-CoV-2 outbreak in the Italian municipality of Vo'. *Nature* 2020;584(7821):425–9. [DOI](#)
16. Hui BB, Brown D, Chisholm RH, Geard N, McVernon J, Regan DG. Modelling testing and response strategies for COVID-19 outbreaks in remote Australian Aboriginal communities. *BMC Infect Dis* 2021;21(1):929. [DOI](#)
17. European Centre for Disease Prevention and Control. COVID-19 in children and the role of school settings in transmission - second update. Solna (Sweden): ECDC; July 8, 2021. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/children-and-school-settings-covid-19-transmission>
18. Ismail SA, Saliba V, Lopez Bernal J, Ramsay ME, Ladhani SN. SARS-CoV-2 infection and transmission in educational settings: a prospective, cross-sectional analysis of infection clusters and outbreaks in England. *Lancet Infect Dis* 2021;21(3):344–53. [DOI](#)
19. Stojanovic J, Boucher VG, Gagne M, Gupta S, Joyal-Desmarais K, Paduano S, Aburub AS, Sheinfeld Gorin SN, Kassianos AP, Ribeiro PAB, Bacon SL, Lavoie KL. Global Trends and Correlates of COVID-19 Vaccination Hesitancy: Findings from the iCARE Study. *Vaccines* 2021;9(6):661. [DOI](#)
20. Lipsey AF, Waterman AD, Wood EH, Balliet W. Evaluation of first-person storytelling on changing health-related attitudes, knowledge, behaviors, and outcomes: A scoping review. *Patient Educ Couns* 2020;103(10):1922–34. [DOI](#)
21. Endo A, Centre for the Mathematical Modelling of Infectious Diseases COVID-19 Working Group; Leclerc QJ, Knight GM, Medley GF, Atkins KE, Funk S, Kucharski AJ. Implication of backward contact tracing in the presence of overdispersed transmission in COVID-19 outbreaks. *Wellcome Open Res* 2021;5:239. [DOI](#)
22. Kojaku S, Hébert-Dufresne L, Mones E, Lehmann S, Ahn YY. The effectiveness of backward contact tracing in networks. *Nat Phys* 2021;17:652–8. [DOI](#)
23. BC Centre for Disease Control. Interim Guidance: Public Health Management of Cases and Contacts Associated with Novel Coronavirus (COVID-19) in the Community. Vancouver, BC: BCCDC; May 4, 2022. http://www.bccdc.ca/resource-gallery/Documents/Guidelines%20and%20Forms/Guidelines%20and%20Manuals/Epid/CD%20Manual/Chapter%201%20-%20CDC/COVID-19%20Public%20Health%20Guidance%20May%204_2022.pdf
24. Dryhurst S, Schneider CR, Kerr J, Freeman ALJ, Recchia G, van der Bles AM, Spiegelhalter D, van der Linden S. Risk perceptions of COVID-19 around the world. *J Risk Res* 2020;23(7-8):994–1006. [DOI](#)
25. Balog-Way D, McComas KA. COVID-19: Reflections on trust, tradeoffs, and preparedness. *J Risk Res* 2020;23(7-8):838–48. [DOI](#)



Rapport annuel national sur la grippe, Canada, 2021–2022 : une épidémie de grippe brève et tardive

Steven Buckrell^{1*}, Myriam Ben Moussa¹, Tammy Bui¹, Abbas Rahal¹, Kara Schmidt¹, Liza Lee¹, Nathalie Bastien², Christina Bancej¹

Résumé

Depuis le début de la pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19), la circulation de la grippe saisonnière au Canada a été réprimée. Cette répression a été signalée à l'échelle mondiale et l'on craint que le retour de la circulation communautaire de la grippe soit intense et que la co-circulation de la grippe et du coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2) devienne un risque comportant des conséquences graves. La circulation communautaire de la grippe a repris au Canada pendant la saison de la grippe 2021–2022. L'épidémie de grippe a commencé à la semaine 16 (mi-avril 2022) et n'a duré que neuf semaines. Cette épidémie a été provoquée par la grippe A(H3N2) et s'est présentée de façon exceptionnellement tardive durant la saison. Elle a été de faible intensité et de courte durée. La co-circulation communautaire de la grippe et du SRAS-CoV-2 a été observée au Canada pour la première fois pendant l'épidémie de grippe saisonnière de 2021–2022. Les caractéristiques inhabituelles de l'épidémie de grippe de 2021–2022 prêter à penser qu'un large éventail de facteurs modèrent la dynamique de transmission des deux virus. Les craintes d'une épidémie de grippe saisonnière intense ne se sont pas concrétisées au cours de la saison 2021–2022; par conséquent, la susceptibilité à la grippe demeure élevée, tout comme la prédisposition à de plus grandes épidémies de grippe. La circulation continue du SRAS-CoV-2 crée de l'incertitude quant à la dynamique des futures épidémies de grippe, mais la vaccination contre la grippe demeure une intervention de santé publique importante pour protéger les Canadiens. Les autorités de santé publique doivent demeurer vigilantes, maintenir la surveillance et continuer de planifier en vue d'une circulation accrue de la grippe saisonnière et du risque d'une co-circulation endémique de la grippe et du SRAS-CoV-2.

Citation proposée : Buckrell S, Ben Moussa M, Bui T, Rahal A, Schmidt K, Lee L, Bastien N, Bancej C. Rapport annuel national sur la grippe, Canada, 2021–2022 : une épidémie de grippe brève et tardive. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(10):520–31. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a07f>

Mots-clés : grippe, syndrome grippal, surveillance, préparation en cas de pandémie, COVID-19

Introduction

En mars 2020, des interventions non pharmaceutiques (INP), comme le port du masque, les mesures à la frontière et aux voyages et la distanciation physique, ont été mises en œuvre à grande échelle au Canada et à l'échelle mondiale afin de réduire la propagation de la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19). Depuis leur mise en œuvre, l'activité saisonnière typique de la grippe a été réprimée à l'échelle mondiale, et l'activité grippale au Canada est demeurée à des niveaux intersaisonniers tout au long de la saison de la grippe 2020–2021 (1–7).

La répression de la circulation grippale a fait craindre une résurgence de la grippe avec l'assouplissement des INP (8). Une infection naturelle ou une vaccination annuelle est nécessaire pour s'immuniser contre les souches saisonnières de la grippe. La baisse de l'immunité, la dérive antigénique et une plus grande cohorte de jeunes enfants non exposés à une infection naturelle peuvent avoir augmenté la population vulnérable à la grippe saisonnière. Cette susceptibilité accrue crée une prédisposition à l'échelle de la population à des épidémies saisonnières de grippe de grande intensité (9).

Cette œuvre est mise à la disposition selon les termes de la licence internationale [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Affiliations

¹ Centre de l'immunisation et des maladies respiratoires infectieuses, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON

² Laboratoire national de microbiologie, Agence de la santé publique du Canada, Winnipeg, MB

*Correspondance :

fluwatch-epigrippe@phac-aspc.gc.ca



De plus, la résurgence de la grippe pourrait coïncider avec des vagues continues de coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2). La co-circulation de ces virus fortement infectieux constituerait une menace pour la santé publique et exercerait des pressions sur les systèmes de santé. La surveillance de la santé publique est essentielle pour planifier et atténuer cette menace.

L'activité grippale saisonnière a resurgi au Canada pendant la saison grippale 2021–2022. Le présent rapport de surveillance résume la saison grippale 2021–2022 au Canada en s'appuyant sur l'analyse des indicateurs de base du programme Surveillance ÉpiGrippe.

Méthodes

Conception

Surveillance ÉpiGrippe est un système national de surveillance

de longue date qui surveille la propagation de la grippe et du syndrome grippal (SG) au Canada. Le programme Surveillance ÉpiGrippe est un système de surveillance composite comprenant la surveillance virologique, la surveillance syndromique, la surveillance de l'activité grippale, la surveillance des éclosions, la surveillance des conséquences graves et la surveillance des vaccins. La surveillance de la grippe est effectuée chaque année partout au Canada, de la semaine 35 à la semaine 34 de l'année suivante. Pour la saison canadienne de la grippe 2021–2022, cette période de surveillance a commencé le 28 août 2021 et s'est terminée le 27 août 2022.

Définitions des indicateurs et sources de données

Les définitions des indicateurs et les sources de données de Surveillance ÉpiGrippe sont résumées dans le **tableau 1**, tout comme un indicateur externe du SRAS-CoV-2 et une source de données uniques qui ont été inclus dans les analyses.

Tableau 1 : Composantes, indicateurs et sources de données de Surveillance ÉpiGrippe utilisés pour décrire la saison canadienne de la grippe 2021–2022

Composante	Indicateur	Définition opérationnelle	Description de la source des données
Surveillance ÉpiGrippe			
Virologique	Pourcentage hebdomadaire de résultats positifs aux tests de dépistage de la grippe RT-PCR.	Numérateur : nombre hebdomadaire de détections de grippe. Dénominateur : nombre hebdomadaire total de tests de dépistage de la grippe déclarés.	Système de surveillance de la détection de virus respiratoires : Les laboratoires de santé publique de toutes les provinces et de tous les territoires ainsi que cinq laboratoires/réseaux d'hôpitaux déclarent les dénombrements d'essais en laboratoire. Les populations cibles de la surveillance primaire sont les cas d'infection respiratoire aiguë dans les services d'urgence, les cas d'infection à virus respiratoire aigu sévère menant à une hospitalisation et les cas d'éclosion de grippe. Les patients en consultation externe présentant un SG peuvent être ciblés, mais les tests sont habituellement réservés aux personnes présentant un risque élevé, et les algorithmes varient selon les provinces et les territoires. Les données au niveau du cas sont disponibles pour un sous-ensemble de détections.
	Nombre de détections de grippe par groupe d'âge, type et/ou sous-type.	s.o.	
Niveaux d'activité grippale/de SG	Niveau d'activité hebdomadaire de la grippe/des SG, selon l'activité dans chaque région de surveillance de la grippe au cours de la semaine précédente.	Quatre niveaux d'activité utilisés pour la classification hebdomadaire : Aucune activité : aucune détection de grippe confirmée en laboratoire pendant la semaine de déclaration. Activité sporadique : cas sporadiques de SG et détections de grippe, sans aucune éclosion. Activité localisée : augmentation des cas de SG, des détections de grippe et des éclosions dans moins de 50 % de la région de surveillance. Activité généralisée : augmentation des cas de SG, des détections de grippe et des éclosions dans 50 % ou plus de la région de surveillance.	Les épidémiologistes de toutes les provinces et de tous les territoires font rapport chaque semaine du niveau d'activité grippale/du SG pour les régions de surveillance de la grippe.
Syndromique	Proportion de visites pour le SG.	SG : début soudain d'une maladie respiratoire accompagnée de fièvre et de toux et de pharyngite, d'arthralgie, de myalgie ou de prostration. Numérateur : nombre hebdomadaire de patients présentant un SG reçus en consultation. Dénominateur : nombre total de patients reçus en consultation par semaine.	Système de rapports du SG par les praticiens sentinelles : Les fournisseurs de soins primaires de partout au Canada déclarent le nombre de patients qui présentent un SG.



Tableau 1 : Composantes, indicateurs et sources de données de Surveillance ÉpiGrippe utilisés pour décrire la saison canadienne de la grippe 2021–2022 (suite)

Composante	Indicateur	Définition opérationnelle	Description de la source des données
Surveillance ÉpiGrippe (suite)			
Syndromique (suite)	Pourcentage hebdomadaire des participants au programme ActionGrippe qui déclarent un SG.	SG : toux aiguë et fièvre. Numérateur : nombre hebdomadaire de participants ayant déclaré un SG. Dénominateur : nombre total de participants ayant présenté un rapport hebdomadaire.	Participants au programme ActionGrippe : Des participants bénévoles de partout au Canada signalent des épisodes de toux et de fièvre vécus au cours de la semaine précédente en répondant à un questionnaire en ligne.
Éclosions	Nombre d'éclosions de grippe confirmées en laboratoire par établissement.	Éclosion : deux cas ou plus de SG signalés dans un établissement pendant une période de sept jours et au moins un cas de grippe confirmé en laboratoire.	Les épidémiologistes de toutes les provinces et de tous les territoires présentent un rapport hebdomadaire. Toutes les provinces et tous les territoires signalent les éclosions dans les hôpitaux et les établissements de soins de longue durée. Certains font des déclarations concernant d'autres milieux, comme les collectivités éloignées ou isolées, les écoles ou les garderies et d'« autres » milieux (y compris les maisons de retraite, les résidences avec services d'aide à la vie autonome, les refuges et les établissements correctionnels).
Cas graves	Taux d'hospitalisation hebdomadaires/cumulatifs associés à la grippe pour 100 000 habitants.	Taux d'hospitalisation : Numérateur : nombre d'hospitalisations associées à la grippe. Dénominateur : population combinée des provinces et des territoires déclarants.	Surveillance provinciale et territoriale des cas graves : Neuf ministères provinciaux et territoriaux de la Santé (AB, MB, SK, NS, NB, NL, PE, YT and NT) signalent des hospitalisations liées à des cas de grippe confirmés en laboratoire, des admissions aux soins intensifs et des décès.
	Nombre d'hospitalisations hebdomadaires associées à la grippe, d'admissions aux soins intensifs et de décès.	s.o.	
	Nombre d'hospitalisations hebdomadaires associées à la grippe, d'admissions aux soins intensifs et de décès chez les populations pédiatriques selon le groupe d'âge, le type et/ou le sous-type.	s.o.	IMPACT : Réseau sentinelle qui signale les hospitalisations liées à des cas de grippe confirmés en laboratoire chez les populations pédiatriques (16 ans et moins). Les données détaillées au niveau des cas sont déclarées par les 12 hôpitaux pédiatriques du réseau dans huit provinces et territoires (BC, AB, SK, MB, ON, QC, NS et NL).
	Nombre d'hospitalisations hebdomadaires associées à la grippe, d'admissions aux soins intensifs et de décès chez la population adulte selon le groupe d'âge, le type et/ou le sous-type.	s.o.	SOS-RCRI : Réseau d'hôpitaux sentinelles qui signale les hospitalisations associées à des cas de grippe confirmés en laboratoire chez les adultes (16 ans et plus). Les neuf hôpitaux du réseau répartis dans quatre provinces et territoires (AB, ON, QC et NS) fournissent des données détaillées sur les cas.
Caractérisation virale	Nombre et proportions d'isolats de grippe semblables sur le plan antigénique aux souches du vaccin.	s.o.	Laboratoire national de microbiologie : Les laboratoires de santé publique provinciaux et territoriaux transmettent un sous-ensemble d'isolats de grippe au Laboratoire national de microbiologie à partir de cas détectés tout au long de la saison. Les spécimens font l'objet d'une caractérisation génétique, d'une caractérisation antigénique et/ou d'un test de susceptibilité antivirale. La caractérisation génétique est établie par séquençage du gène HA des virus de la grippe afin de comparer leurs propriétés génétiques. La caractérisation antigénique est établie par un essai d'inhibition du gène HA. La sensibilité aux médicaments est déterminée par essai de chimioluminescence.
	Nombre et proportions d'isolats de grippe sensibles aux antiviraux.	s.o.	
Surveillance des vaccins	Pourcentage d'adultes canadiens qui ont reçu le vaccin contre la grippe saisonnière au cours de la saison actuelle de la grippe.	s.o.	Enquête nationale sur la couverture vaccinale grippale de l'Agence de la santé publique du Canada : Enquête téléphonique annuelle menée en janvier et en février pour évaluer la couverture du vaccin contre la grippe saisonnière chez les adultes de 18 ans et plus.



Tableau 1 : Composantes, indicateurs et sources de données de Surveillance ÉpiGrippe utilisés pour décrire la saison canadienne de la grippe 2021–2022 (suite)

Composante	Indicateur	Définition opérationnelle	Description de la source des données
Surveillance ÉpiGrippe (suite)			
Surveillance des vaccins (suite)	Efficacité de la vaccination contre la grippe saisonnière par rapport aux cas confirmés en laboratoire de maladie à l'origine d'une consultation et d'une hospitalisation associées à la grippe.	Les estimations de l'efficacité du vaccin sont établies au moyen d'un essai de conception négatif et calculées comme suit : $EV = 100\% \times \left(1 - \frac{C_{pos}}{C_{neg}}\right)$ où C_{pos} est la cote de vaccination parmi les personnes testées positives pour la grippe et C_{neg} est la cote de vaccination parmi les personnes testées négatives.	RCSS et SOS-RCRI : Ces réseaux calculent l'efficacité du vaccin et en font rapport par rapport aux cas confirmés en laboratoire de maladie à l'origine d'une consultation et d'une hospitalisation associées à la grippe, respectivement.
Externe			
SRAS-CoV-2 virologique	Le pourcentage moyen mobile sur sept jours du SRAS-CoV-2 est positif.	Numérateur : nombre de détections du SRAS-CoV-2 au cours des sept jours précédents. Dénominateur : total des tests de dépistage du SRAS-CoV-2 au cours des sept jours précédents.	Données accessibles au public de l'Agence de la santé publique du Canada (10). Les données sur les cas de SRAS-CoV-2 et les tests publiés par les partenaires provinciaux et territoriaux sont colligées et publiées.

Abréviations : AB, Alberta; BC, Colombie-Britannique; EV, efficacité du vaccin; HA, hémagglutinine; IMPACT, réseau du Programme canadien de surveillance active de l'immunisation; MB, Manitoba; NB, Nouveau-Brunswick; NL, Terre-Neuve-et-Labrador; NT, Territoires du Nord-Ouest; NS, Nouvelle-Écosse; ON, Ontario; PE, Île-du-Prince-Édouard; P/T, provinces et territoires; QC, Québec; RCSS, Réseau canadien de surveillance sentinelle; RT-PCR, réaction en chaîne de la polymérase par transcription inverse; SG, syndrome grippal; SK, Saskatchewan; SOS-RCRI, Réseau de surveillance des cas graves du Réseau canadien de recherche sur l'immunisation; SRAS-CoV-2, syndrome respiratoire aigu sévère coronavirus 2; s.o., sans objet; YK, Yukon

Analyse statistique

Le nettoyage, la manipulation et l'analyse des données sur les dénombrements, les taux et les proportions ont tous été effectués dans SAS v9.4. Les visualisations des analyses ont été préparées dans Microsoft Excel. Dans la mesure du possible, on a présenté des comparaisons avec les données des indicateurs antérieures à la pandémie. Les saisons utilisées aux fins de comparaison variaient selon la source des données et dépendaient de la stabilité, de la qualité et de la comparabilité des données au fil du temps (**tableau 2**).

Résultats

Virologique

Au début de la saison, une augmentation des détections sporadiques a été enregistrée de la semaine 48 à la semaine 51 (de la fin de novembre à la fin de décembre 2021;

231 détections), mais elle est demeurée bien en deçà du seuil épidémique saisonnier (5 % ou plus des tests sont positifs et 15 détections ou plus). Les détections ont ensuite diminué, moins de 10 détections hebdomadaires ayant été signalées de la semaine 3 à la semaine 8 (de la fin de janvier à la fin de février 2022). Au cours de la semaine 16, l'activité grippale a dépassé le seuil épidémique, et une épidémie nationale de grippe a été déclarée au Canada pour la première fois en deux ans.

L'épidémie de grippe saisonnière de 2021–2022 a commencé exceptionnellement tard dans la saison et a duré neuf semaines, soit de la semaine 16 à la semaine 25 (de la fin avril à la mi-juin 2022; **figure 1**). À l'échelle nationale, durant les saisons précédant la pandémie, les épidémies ont généralement commencé vers la semaine 47 (du milieu à la fin de novembre) et ont duré en moyenne 27 semaines.

Tableau 2 : Résumé de la disponibilité des données d'avant la pandémie sur les composantes de Surveillance ÉpiGrippe aux fins de comparaisons historiques par saison de grippe

Saison de la grippe	Composante de Surveillance ÉpiGrippe					
	Virologique	Système de rapports du SG par les praticiens sentinelles	Participants au programme ActionGrippe	Éclotions	SOS-P/T ^a	IMPACT
2014–2015	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
2015–2016	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
2016–2017	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
2017–2018	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
2018–2019	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
2019–2020 ^b	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

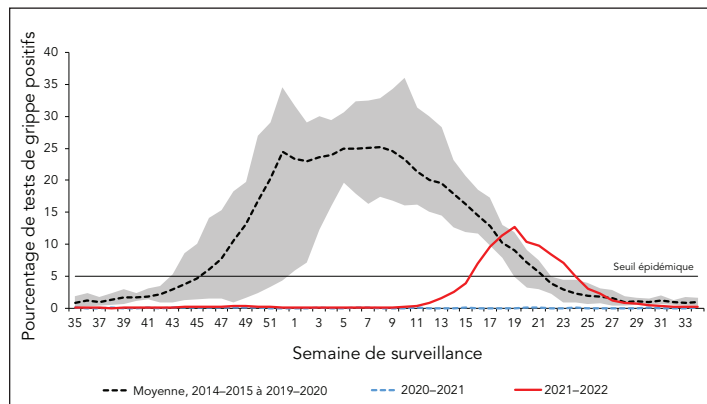
Abréviations : IMPACT, réseau du Programme canadien de surveillance active de l'immunisation; SG, syndrome grippal; SOS-P/T, surveillance provinciale et territoriale des cas graves

^a Seules les données cumulatives de fin de saison sont disponibles avant la saison 2019–2020

^b Dans les comparaisons hebdomadaires avec la saison 2019–2020, les données à partir de la semaine 11 sont exclues en raison de la pandémie de COVID-19



Figure 1 : Pourcentage de tests de dépistage de la grippe positifs au Canada par semaine de surveillance^{a,b}



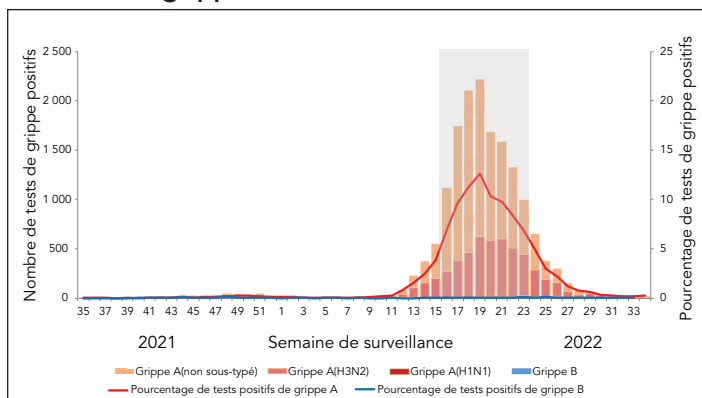
^a Comparaison de la saison de la grippe 2021–2022 avec les saisons précédentes, de 2014–2015 à 2019–2020 et 2020–2021

^b La zone ombrée représente le pourcentage maximal et le pourcentage minimal de tests positifs déclarés par semaine 2014–2015 à 2019–2020. Le seuil épidémique est de 5 % de tests positifs pour la grippe. Lorsqu'il est dépassé et qu'au moins 15 détections hebdomadaires de la grippe sont signalées, une épidémie de grippe saisonnière est déclarée

Au cours de la saison de la grippe 2021–2022, un total de 16 126 détections de virus grippaux confirmées en laboratoire ont été signalées sur un total de 751 900 tests de laboratoire (tableau 3). Une variation géographique considérable a été observée, la majorité des détections ayant été signalées au

Québec (47 %), en Alberta (17 %) et en Colombie-Britannique (10 %). Presque tous les cas détectés étaient des cas de grippe A (99 %) et le sous-type de la grippe A(H3N2) prédominait, représentant 98 % des 5 240 spécimens de grippe A sous-typés (figure 2).

Figure 2 : Nombre de tests de dépistage de la grippe positifs et pourcentage de tests positifs au Canada, par type, sous-type et semaine de surveillance pour la saison de la grippe 2021–2022^a



^a La zone ombragée indique les semaines où le taux de positivité était d'au moins 5 % et où un minimum de 15 tests positifs ont été observés, ce qui représente l'épidémie de grippe saisonnière de 2021–2022

Tableau 3 : Nombre de tests de laboratoire, de détections et de pourcentages de positivité par province/territoire pour la saison canadienne de la grippe 2021–2022

Province ou territoire	Tests de dépistage de la grippe	Détections de la grippe			Pic du taux hebdomadaire de positivité à la grippe		Taux cumulatif de positivité à la grippe	
		Toutes les activités grippales	Grippe A	Grippe B	%	IC à 95 % ^a	%	IC à 95 % ^a
Terre-Neuve-et-Labrador	15 930	327	327	0	7,9	6,0–9,8	2,1	1,8–2,3
Île-du-Prince-Édouard	2 807	65	65	0	25,5	13,1–38,0	2,3	1,8–2,9
Nouvelle-Écosse	27 351	431	422	9	8,3	6,1–10,4	1,6	1,4–1,7
Nouveau-Brunswick	21 601	495	495	0	25,9	21,6–30,3	2,3	2,1–2,5
Québec	131 566	7 634	7 524	110	26,6	25,3–27,9	5,8	5,7–5,9
Ontario	105 633	904	897	7	6,4	5,4–7,5	0,9	0,8–0,9
Manitoba	60 920	577	577	0	9,4	7,4–11,3	0,9	0,9–1,0
Saskatchewan	32 914	781	781	0	13,5	10,8–16,2	2,4	2,2–2,5
Alberta	102 875	2 716	2 713	3	11,9	10,6–13,1	2,6	2,5–2,7
Colombie-Britannique	225 352	1 558	1 462	96	3,9	3,2–4,5	0,7	0,7–0,7
Territoire du Yukon	5 511	21	14	7	33,3	0,0–71,1	0,4	0,2–0,5
Territoires du Nord-Ouest	2 263	207	207	0	31,5	23,4–39,6	9,1	8,0–10,3
Nunavut	17 177	410	410	0	53,8	44,8–62,9	2,4	2,2–2,6
Canada	751 900	16 126	15 894	232	12,6	12,1–13,1	2,1	2,1–2,2

Abréviation : IC, intervalle de confiance

^a Proportion binomiale de l'intervalle de confiance de Wald



Cette saison de la grippe a été de faible intensité, l'activité hebdomadaire ayant atteint un pic à la semaine 19 (mi-mai 2022) avec des résultats positifs aux tests de dépistage de 12,6 %, un pourcentage nettement en deçà des pics saisonniers d'avant la pandémie, qui atteignaient en moyenne de 31,5 %. Bien que les pratiques de dépistage de la grippe aient changé pendant la pandémie de COVID-19, comme en témoigne le nombre total de tests de dépistage de la grippe ($n = 751\,900$ par rapport à une moyenne $n = 317\,963$ avant la pandémie), le nombre élevé de tests ne tient pas compte du faible pic de positivité épidémique observé. Malgré le nombre élevé de tests effectués, seulement 2 223 détections de la grippe ont été signalées lors du pic atteint à la semaine 19, ce qui est nettement inférieur au pic des détections hebdomadaires moyennes avant la pandémie ($n = 4\,303$). Le total de 16 126 détections était également assez faible par rapport à la moyenne de 48 478 détections au cours des saisons précédant la pandémie.

Des renseignements détaillés sur l'âge et le type/sous-type de grippe ont été reçus pour 14 159 cas de grippe confirmés en laboratoire, dont 49 % ($n = 7\,169$) chez des personnes âgées de 0 à 19 ans. Près de la moitié des cas de grippe A(H3N2) détectés (46 %) concernaient des personnes âgées de 0 à 19 ans, une répartition de cas exceptionnellement jeune pour une épidémie dominée par le type A(H3N2). Avant la pandémie, en moyenne 17 % des cas de grippe A(H3N2) ont été détectés dans ce groupe d'âge (tableau 4).

Niveaux d'activité du syndrome grippal/de la grippe

À partir de la semaine 40 (début octobre), au moins une région du Canada a signalé une activité sporadique de la grippe au cours de chaque semaine de la saison de la grippe 2021–2022. À l'échelle nationale, le nombre de régions de surveillance ayant déclaré une activité grippale sporadique ou localisée a atteint un petit pic à la semaine 52 (fin décembre) et un pic plus élevé à la semaine 21 (fin mai; **figure 3**). L'activité est demeurée dans les limites des niveaux les plus élevés entre le début de mai et la fin de juin. Le premier petit pic était principalement attribuable à une activité sporadique, tandis qu'une activité localisée a été

signalée plus souvent pendant la période du deuxième pic en importance et dans plusieurs régions du Canada. Les niveaux signalés n'ont jamais dépassé le seuil de l'activité localisée.

Syndromique – Système de rapports du syndrome grippal par les praticiens sentinelles

Au cours de la saison 2021–2022, une moyenne hebdomadaire de seulement 50 sentinelles ont présenté un rapport au programme de surveillance du SG pour une moyenne hebdomadaire de 3 769 patients reçus en consultation; les deux mesures étaient inférieures aux niveaux historiques. En moyenne, pendant la période précédant la pandémie, 134 sentinelles ont participé au programme de surveillance et 7 688 patients au total ont été reçus en consultation chaque semaine.

Le pourcentage hebdomadaire de consultations attribuables au SG variait de 0,5 % à 2,1 % (**figure 4**). Il n'y a pas eu de pic marqué unique des consultations pour le SG cette saison, tandis qu'avant la pandémie, un pic était habituellement observé à la fin de décembre ou au début de janvier, soit une moyenne de 3,4 % de consultations pour un SG à cette période de la saison. Du début de la saison à la mi-avril (semaines 35 à 15), le pourcentage hebdomadaire de consultations attribuables

Figure 3 : Nombre de régions de surveillance de la grippe ayant signalé une activité sporadique ou localisée par semaine au Canada, saison de la grippe 2021–2022

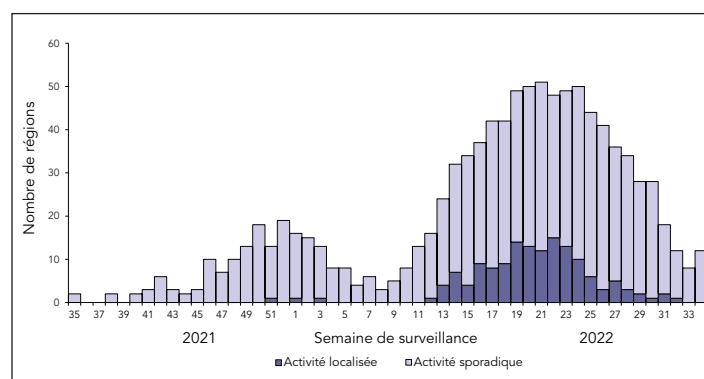


Tableau 4 : Nombre et pourcentage de détections de grippe saisonnière A(H3N2) au Canada selon le groupe d'âge^a

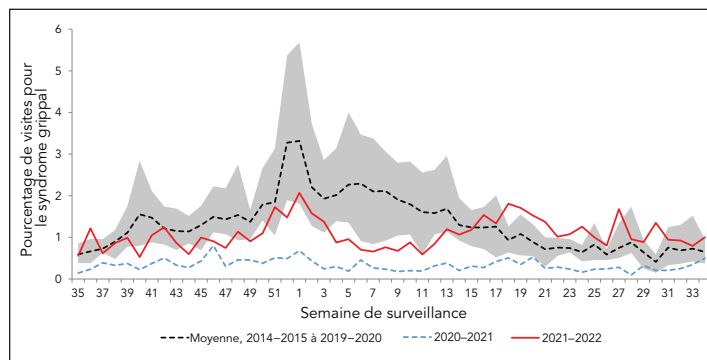
Groupe d'âge (années)	Saison de la grippe													
	2014–2015		2015–2016		2016–2017		2017–2018		2018–2019		2019–2020		2021–2022	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0 à 4	811	7 %	77	8 %	839	7 %	682	7 %	275	5 %	218	10 %	573	19 %
5 à 19	959	8 %	104	10 %	1 081	10 %	709	7 %	506	10 %	267	12 %	798	27 %
20 à 44	1 686	14 %	168	17 %	1 816	16 %	1 387	14 %	660	13 %	352	16 %	805	27 %
45 à 64	1 678	13 %	212	21 %	1 986	18 %	1 597	16 %	722	14 %	323	15 %	292	10 %
65 ans et plus	7 325	59 %	457	45 %	5 487	49 %	5 882	57 %	2 950	58 %	991	46 %	511	17 %
Total	12 459	s.o.	1 018	s.o.	11 209	s.o.	10 257	s.o.	5 113	s.o.	2 151	s.o.	2 979	s.o.

Abbréviation : s.o., sans objet

^a Comparaison de la saison de la grippe 2021–2022 avec les saisons précédentes, 2014–2015 à 2019–2020



Figure 4 : Pourcentage de consultations attribuables au SG déclarées par les sentinelles au Canada par semaine de surveillance^{a,b}



Abbréviations : SG, syndrome grippal

^a Comparaison de la saison de la grippe 2021-2022 avec les saisons précédentes, de 2014-2015 à 2019-2020 et 2020-2021

^b La zone ombrée représente le pourcentage maximal et minimal de consultations pour le SG déclarées par semaine de 2014-2015 à 2019-2020

au SG est demeuré presque constamment inférieur aux moyennes historiques. À partir de la semaine 16 (mi-avril), le pourcentage hebdomadaire de consultations attribuables au SG était supérieur aux moyennes historiques en raison d'une augmentation des consultations hebdomadaires pour le SG à une période leur nombre est habituellement en baisse. Cette augmentation tardive du signalement du nombre de cas de SG a coïncidé avec l'épidémie de grippe saisonnière tardive.

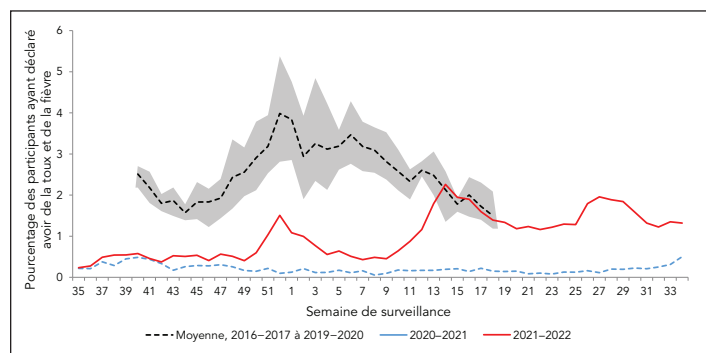
Syndromique – Participants au programme ActionGrippe

Au cours de la saison 2021-2022, une moyenne de 12 045 participants au programme ActionGrippe ont effectué des signalements chaque semaine. Dans l'ensemble, 18 124 participants ont effectué au moins un signalement cette saison et ont rempli un total de 619 322 questionnaires.

Le pourcentage de participants au programme ActionGrippe qui ont signalé un SG est demeuré très faible durant la plus grande partie de la saison 2021-2022 (**figure 5**). Du début de la saison au début d'avril (semaines 39 à 13), ce pourcentage est demeuré nettement inférieur aux niveaux qui prévalaient avant la pandémie. Malgré cela, un pic a été observé à la semaine 52 (début janvier) à 1,5 %. Cinq semaines plus tard, un nouveau pic plus élevé a été atteint à la semaine 14 (début avril) à 2,3 %, atteignant les niveaux attendus pour la première fois de la saison. Un pic définitif de signalements du SG par des participants au programme ActionGrippe a été observé au cours de la semaine 27 (début juillet) à 2,0 %.

Le pourcentage de participants au programme ActionGrippe qui ont signalé un SG, s'alignait sur le pourcentage de tests de laboratoire positifs pour le SRAS-CoV-2 au Canada (**figure 6**). Le premier pic des signalements d'un SG par les participants au programme ActionGrippe (semaine 52; 1,5 %) coïncidait avec le moment où l'activité du SRAS-CoV-2 a atteint son pic le plus

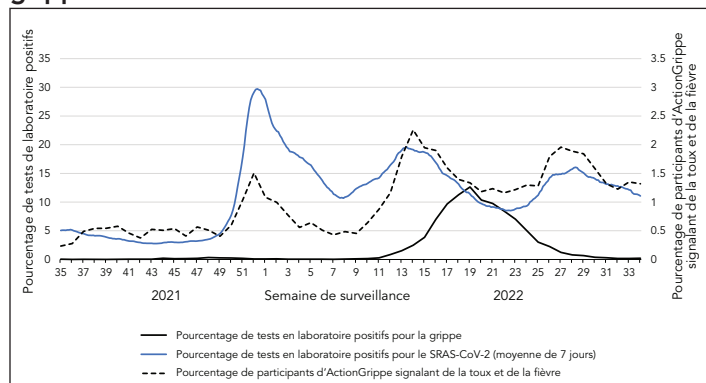
Figure 5 : Pourcentage de participants au programme ActionGrippe qui ont signalé avoir de la toux et de la fièvre au Canada par semaine de surveillance^{a,b}



^a Comparaison de la saison grippale 2021-2022 aux saisons précédentes, de 2016-2017 à 2019-2020 et 2020-2021

^b La zone ombrée représente le pourcentage maximal et minimal du pourcentage de participants signalant de la toux et de la fièvre par semaine pour la période de 2016-2017 à 2019-2020

Figure 6 : Pourcentage de tests de dépistage de la grippe et du SRAS-CoV-2 en laboratoire positifs et pourcentage de participants au programme ActionGrippe qui ont déclaré de la toux et de la fièvre au Canada par semaine de surveillance, saison de la grippe 2021-2022



Abbréviations : SRAS-CoV-2, syndrome respiratoire aigu sévère coronavirus 2

élevé pendant la période de surveillance. Le pic le plus élevé des signalements du SG effectués par les participants au programme ActionGrippe (semaine 14; 2,3 %) a été atteint durant un pic de l'activité du SRAS-CoV-2 et coïncidait avec la période où l'activité grippale approchait de son pic le plus élevé de la saison. Au cours du troisième pic des signalements du SG effectués par les participants au programme ActionGrippe (semaine 27; 2,0 %), l'activité du SG a augmenté parallèlement à celle du SRAS-CoV-2, tandis que la positivité des tests de dépistage de la grippe a diminué.

Éclotions

Au cours de la saison 2021-2022, 91 éclotions de grippe confirmées en laboratoire ont été signalées. La majorité des éclotions confirmées en laboratoire (88 %) ont été signalées de la semaine 11 à la semaine 24 (de la mi-mars à la mi-juin), et le nombre le plus élevé d'éclotions au cours d'une semaine donnée (n = 9) a été signalé à la semaine 16. Parmi les éclotions



confirmées en laboratoire, 49 % ont été observées dans des établissements de soins de longue durée (n = 45) et 38 % dans des établissements classés comme « autres » (e.g. des maisons de retraite, des établissements correctionnels). Toutes les éclosions confirmées en laboratoire, sauf une, étaient attribuables à la grippe A, et 96 % (n = 44) des éclosions pour lesquelles on connaissait le sous-type étaient des cas de grippe A(H3N2).

Cette saison, on a observé un moins grand nombre d'éclosions de cas de grippe confirmés en laboratoire et une plus faible proportion d'éclosions a été observée dans des établissements de soins de longue durée comparativement à ce que l'on avait observé dans les saisons récentes avant la pandémie. Au cours des saisons 2018–2019 et 2019–2020, respectivement, 978 et 1 038 éclosions confirmées en laboratoire ont été signalées, dont 64 % et 62 % dans des établissements de soins de longue durée.

Cas graves – Surveillance provinciale et territoriale des cas graves

Au cours de la saison de la grippe 2021–2022, 776 hospitalisations associées à la grippe ont été signalées par les provinces et les territoires participants. Presque toutes les hospitalisations étaient associées à la grippe A (99,6 %), et parmi les hospitalisations attribuables à des cas dont le sous-type était connu, 99,5 % (n = 407) étaient associées à la grippe A(H3N2).

L'incidence saisonnière annuelle des hospitalisations était de neuf hospitalisations pour 100 000 habitants, ce qui est nettement inférieur aux taux enregistrés avant la pandémie de 42 hospitalisations, en moyenne, pour 100 000 habitants (**tableau 5**). À l'instar des saisons précédentes, les taux d'hospitalisation saisonniers annuels étaient à leur niveau le plus élevé chez les adultes de 65 ans et plus (21 pour 100 000) et les enfants de 0 à 4 ans (19 pour 100 000). Cependant, au cours des saisons antérieures où la circulation prédominante était celle de la grippe A(H3N2), les taux d'hospitalisation ont été beaucoup plus élevés chez les adultes de 65 ans et plus que chez les groupes d'âge plus jeunes (**tableau 5**).

Tableau 5 : Incidence saisonnière annuelle estimée des hospitalisations associées à la grippe (par 100 000 habitants) au Canada selon le groupe d'âge^a

Groupe d'âge (années)	Saison de la grippe (grippe prédominante de la saison)				
	2016–2017 (H3N2)	2017–2018 (H3N2 et B)	2018–2019 (H1N1)	2019–2020 (H1N1 et B)	2021–2022 (H3N2)
0 à 4	46	70	98	77	19
5 à 19	9	17	21	16	7
20 à 44	5	12	15	14	5
45 à 64	15	41	40	23	6
65 ans et plus	128	280	127	76	21
Globalement	30	64	45	30	9

^a Comparaison de la saison 2021–2022 aux saisons précédentes, de 2016–2017 à 2019–2020

Cette saison, la majorité des hospitalisations associées à la grippe (94 %) ont eu lieu de la 14^e à la 26^e semaine, ce qui correspond à la brève épidémie de grippe observée cette saison. Bien que la brièveté ait contribué à la baisse du taux annuel d'incidence des hospitalisations cette saison, l'incidence hebdomadaire a atteint un pic de 1,2 hospitalisation par 100 000 habitants; celui-ci est inférieur à la saison 2019–2020 où un pic de 2,9 hospitalisations par 100 000 habitants a été atteint et où un taux d'hospitalisation supérieur à 1,2 pour 100 000 habitants s'est maintenu pendant 13 semaines consécutives.

Au total, cette saison, les provinces et les territoires participants ont signalé 69 admissions aux soins intensifs et 22 décès. Parmi les cas hospitalisés, 9 % ont été admis aux soins intensifs, ce qui est comparable au taux d'hospitalisation observé durant les saisons précédant la pandémie (moyenne de 11 %; fourchette de 4 % à 17 %). Les admissions aux soins intensifs étaient les plus fréquentes chez les adultes de 65 ans et plus (30 %) et de 45 à 64 ans (26 %). Les décès étaient les plus fréquents chez les adultes de 65 ans et plus (59 %).

Cas graves – Programme canadien de surveillance active de l'immunisation

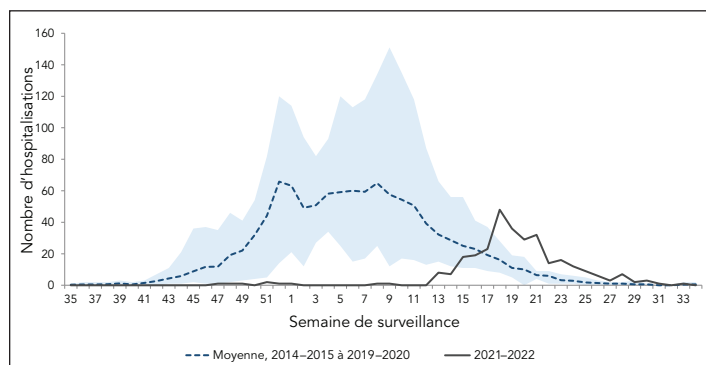
Le réseau du Programme canadien de surveillance active de l'immunisation (IMPACT) a signalé de façon préliminaire 303 hospitalisations d'enfants associées à la grippe au cours de la saison de la grippe 2021–2022, ce qui est beaucoup moins qu'au cours de la saison précédant la pandémie. De 2014–2015 à 2019–2020, une moyenne de 1 057 hospitalisations d'enfants a été signalée. Au cours de la saison 2016–2017, les 593 hospitalisations signalées représentaient un creux des hospitalisations au cours d'une même saison.

Les chiffres préliminaires hebdomadaires sur les hospitalisations d'enfants sont demeurés inférieurs aux niveaux prévus avant la pandémie pendant la majeure partie de la saison 2021–2022, mais le nombre de ces hospitalisations a augmenté plus tard dans la saison pour atteindre un pic à la semaine 18 (début mai; n = 48; **figure 7**). Ce pic a été de faible intensité et tardif par rapport aux saisons précédentes; en moyenne, le nombre d'hospitalisations d'enfants, avant la pandémie, avait culminé à 93 hospitalisations hebdomadaires, et le pic des hospitalisations hebdomadaires avait déjà été enregistré à la semaine 9.

Presque toutes les hospitalisations étaient associées à la grippe A (99 %), et parmi les 96 hospitalisations pour lesquelles le sous-type était connu, 98 % étaient associées à la grippe A(H3N2). La répartition par âge des hospitalisations d'enfants était semblable à celle observée avant la pandémie, les cas d'hospitalisation étant le plus souvent signalés chez les patients de moins de deux ans (32 %).



Figure 7 : Nombre préliminaire de cas d'hospitalisation d'enfants associés à la grippe signalés par IMPACT, par semaine d'admission^{a,b}



Abréviation : IMPACT, réseau du Programme canadien de surveillance active de l'immunisation

^a Comparaison de la saison de la grippe 2021–2022 avec les saisons précédentes, 2014–2015 à 2019–2020

^b La zone ombragée représente les hospitalisations maximales et minimales déclarées par semaine d'admission, de 2014–2015 à 2019–2020

Il y a eu 30 admissions aux soins intensifs et moins de cinq décès ont été signalés cette saison. Parmi les cas hospitalisés, 10 % des patients ont été admis aux soins intensifs, soit un pourcentage inférieur à celui qui avait été enregistré durant les saisons précédant la pandémie (moyenne de 18 %). La proportion la plus élevée d'admissions aux soins intensifs a été signalée chez les patients de 10 à 16 ans (30 %) et de 2 à 4 ans (23 %).

Cas graves – Réseau de surveillance des cas graves du Réseau canadien de recherche sur l'immunisation

Au total, 30 hospitalisations associées à la grippe ont été signalées par l'entremise du Réseau de surveillance des cas graves du Réseau canadien de recherche sur l'immunisation (SOS-RCRI) au cours de la saison de la grippe 2021–2022. Il y a eu trop peu d'hospitalisations pour analyser les tendances temporelles ou relatives à la gravité.

Caractérisation virale

Du 1^{er} septembre 2021 au 27 août 2022, le Laboratoire national de microbiologie (LNM) a caractérisé 277 virus de la grippe, soit beaucoup moins que pendant une saison de surveillance de la grippe typique (de 1 171 à 3 857 virus de 2014–2015 à 2019–2020). Les 277 virus de la grippe étaient tous de type A (266 A(H3N2), 11 A(H1N1)).

Sur les 266 virus de la grippe A(H3N2) génétiquement caractérisés, l'analyse des séquences du gène de l'hémagglutinine a indiqué que 100 % de ces virus appartenaient au clade génétique 3C.2a1b.2a.2.

Au total, 277 virus de la grippe ont été caractérisés sur le plan antigénique (n = 266 virus de la grippe A(H3N2) et 11 virus de la grippe A(H1N1)). Parmi ceux-ci, 19 % des virus A(H3N2) (n = 51) étaient antigéniquement semblables au virus de référence A(H3N2) cultivé dans des œufs utilisés dans la production du vaccin contre la grippe de l'hémisphère Nord en 2021–2022,

tandis que 91 % des virus A(H1N1) (n = 10) étaient semblables au virus de référence A(H1N1) propagé par culture cellulaire.

Deux cent cinquante-neuf virus de la grippe (246 A(H3N2) et 11 A(H1N1)) ont été testés pour la résistance aux antiviraux, et 100 % des virus étaient sensibles à l'oseltamivir et au zanamivir.

Surveillance des vaccins—Couverture vaccinale

La couverture vaccinale pour la saison de la grippe 2021–2022 était semblable à celle de la saison précédente. Trente pour cent des adultes de 18 à 64 ans ont reçu leur vaccin antigrippal. La couverture vaccinale était plus élevée chez les aînés de 65 ans et plus (71 %) et chez les adultes de 18 à 64 ans ayant des problèmes de santé chroniques (38 %). La couverture vaccinale globale était plus élevée chez les femmes que chez les hommes.

Surveillance des vaccins—Efficacité des vaccins

À l'aide d'un essai de conception négatif, le Réseau canadien de surveillance sentinelle (RCSS) rapporte une efficacité rajustée du vaccin (EV) de 36 % (intervalle de confiance [IC] de 95 % : –38–71) par rapport à des maladies médicalement confirmées en raison du clade 3C.2a1b.2a.2 de la grippe A(H3N2) apparu en fin de saison (11). Cette estimation est rajustée en fonction du groupe d'âge, de la province, de la comorbidité et du mois civil, et est fondée sur 327 spécimens recueillis de la semaine 10 à la semaine 26 (du début de mars jusqu'au début de juillet 2022).

Étant donné la faible intensité de la circulation communautaire de la grippe cette saison, les estimations de l'efficacité du vaccin contre la grippe saisonnière pour prévenir l'hospitalisation en cas de grippe confirmée en laboratoire ne sont pas disponibles pour la saison 2021–2022.

Discussion

La saison de la grippe canadienne 2021–2022 a été marquée par le retour de la circulation communautaire de la grippe. Une épidémie de grippe saisonnière nationale a été déclarée pour la première fois depuis la saison 2019–2020. À compter de la mi-avril et pendant seulement neuf semaines, la saison canadienne de la grippe 2021–2022 a été plus tardive et plus courte que d'habitude et a été dominée par la grippe A(H3N2).

La pandémie de COVID-19 et les mesures prises ont perturbé les modes de transmission saisonniers de la grippe et d'autres virus respiratoires. Les INP mises en place pour faire face à la pandémie de COVID-19, comme le port du masque, mesures à la frontière et aux voyages et la distanciation physique, ont contribué à ces perturbations. Des associations entre les INP et la diminution de la transmission de la grippe et du SRAS-CoV-2 ont été démontrées (12–16). Les facteurs susmentionnés, ainsi que d'autres facteurs comme l'interférence virale antagoniste, qui a été observée entre la grippe et d'autres virus respiratoires saisonniers (17,18), peuvent avoir contribué à la répression de la grippe en début de saison. L'ampleur de ces facteurs continue



de créer de l'incertitude au sujet de la dynamique de la grippe et de la co-circulation du SRAS-CoV-2.

L'activité grippale saisonnière a augmenté vers la fin de la saison pour atteindre le seuil épidémique à un moment qui correspondait à une transmission élevée du SRAS-CoV-2, ce qui démontre qu'il est possible que ces virus circulent conjointement au niveau communautaire. Lorsque l'activité grippale atteignait 5 % de tests positifs au Canada, la moyenne sur sept jours de résultats positifs au test de dépistage du SRAS-CoV-2 était de 17,6 % et n'a jamais chuté sous la barre des 8,5 % pendant l'épidémie de grippe (figure 6). Cependant, l'épidémie de grippe saisonnière de 2021–2022 au Canada a atteint un pic alors que le pourcentage de tests positifs pour le SRAS-CoV-2 diminuait. À l'échelle mondiale, le pourcentage des tests de dépistage de la grippe qui étaient positifs a atteint des pics à des moments où le pourcentage de tests positifs pour le SRAS-CoV-2 était relativement faible ou en baisse. Il s'agit d'une tendance qui a été observée à certains échelons régionaux de l'Organisation mondiale de la Santé (19). Les facteurs qui modulent la transmission des deux virus, tels que l'interférence virale, les INP, la vaccination, les modèles de mixité sociale et les conditions climatiques, doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie afin d'expliquer ces tendances.

Les signalements du SG de par les participants au programme ActionGrippe démontraient une activité de co-circulation de la grippe et du SRAS-CoV-2. L'activité du SG signalée correspondait de façon générale à l'activité de laboratoire du SRAS-CoV-2, mais les deux indicateurs ne concordaient pas avec précision en ce qui concerne l'ampleur. L'activité du SG signalée par les participants au programme ActionGrippe a augmenté, mais elle est demeurée inférieure aux niveaux attendus pendant le pic de l'intensité de l'activité du SRAS-CoV-2. Le pic le plus élevé de l'activité du SG signalée par les participants au programme ActionGrippe a par la suite été signalé pendant une période de co-circulation de la grippe et du SRAS-CoV-2. Ces résultats mettent en évidence l'utilité potentielle des participants au programme ActionGrippe pour détecter des signaux, mais soulignent également le manque de spécificité de la définition des cas.

Au Canada, l'épidémie saisonnière a été provoquée par la propagation de la grippe A(H3N2). La répartition des cas de grippe A(H3N2) a tendance à être orientée vers les adultes plus âgés, mais cela n'a pas été observé pendant la saison 2021–2022. La proportion d'infections au virus A(H3N2) détectées chez les enfants et les adolescents était près de trois fois plus élevée que la moyenne, et les taux d'hospitalisation étaient semblables chez les enfants de 0 à 4 ans et les adultes de 65 ans et plus, ce qui est atypique pour une saison dominée par la grippe A(H3N2). Cette répartition inhabituelle selon l'âge comporte un ensemble complexe d'explications possibles, y compris des INP plus restrictives chez les adultes âgés vulnérables, lesquelles ont une incidence différentielle sur la transmission de la grippe dans ce groupe. Les facteurs immunologiques, y compris la susceptibilité

accrue de la vaste cohorte de jeunes enfants non exposés à l'infection par la grippe, peuvent également jouer un rôle.

Il n'y avait aucun signe d'une augmentation de la gravité des cas de grippe parmi les indicateurs de Surveillance ÉpiGrippe. La proportion de cas hospitalisés aux soins intensifs se situait dans les limites ou en deçà des niveaux prévus. Malgré le fait que la rareté des cas documentés a donné lieu à une évaluation limitée, on a observé les premiers signes d'effets synergiques sur la gravité des cas co-infectés par la grippe et le SRAS-CoV-2 (20–23). Les indicateurs de Surveillance ÉpiGrippe ne sont pas définis de manière à évaluer ces effets.

La susceptibilité accrue à la grippe au niveau de la population était une préoccupation à l'approche de la saison 2021–2022. Plusieurs études de modélisation ont démontré que les conditions liées à la pandémie pourraient causer une épidémie de grippe saisonnière de plus grande intensité, mais que la complexité de la dynamique de transmission cause de l'incertitude quant à l'ampleur et au moment (8,24,25). L'épidémie de grippe de 2021–2022 a mis en évidence cette incertitude, étant tardive et de faible intensité. La susceptibilité à la grippe demeure plus élevée que pendant les années prépandémiques typiques, comme la prédisposition à de plus grandes épidémies de grippe (9). Cependant, la probabilité d'une saison de grippe intense est influencée par la pandémie de COVID-19 en cours, et la réponse à cette pandémie, et la vulnérabilité de la population à la grippe ne peut être considérée isolément.

Comme la susceptibilité à la grippe demeure élevée, l'importance de la vaccination contre la grippe saisonnière pour réduire la susceptibilité semble importante. Le RCSS a déclaré 36 % d'EV contre la maladie en raison des virus du clade 3C.2a1b.2a.2 de la grippe A(H3N2) qui a prédominé cette saison (IC à 95 % : –38–71). Ces virus sont considérés comme étant antigéniquement distincts de la souche de vaccin de 2021–2022 qui appartient plutôt au clade 3C.2a1b.2a.1, mais l'estimation est très semblable aux estimations récentes de l'EV contre la grippe A(H3N2) des États-Unis (35 %; IC à 95 % : 19–47) pour la période d'octobre 2021 à avril 2022 (26) et de l'Europe (35 %; IC à 95 % : 6–54) d'octobre 2021 à mars 2022 (27). Les constatations du RCSS, ainsi que les résultats de la caractérisation des souches du LNM, renforcent la décision de l'Organisation mondiale de la Santé de passer à une souche de clade 3C.2a1b.2a.2 plus représentative pour la composante du vaccin de l'hémisphère Nord 2022–2023 A(H3N2) (28).

Conclusion

La saison canadienne de la grippe 2021–2022 a été caractérisée par le retour de l'activité de la grippe à un niveau épidémique. L'épidémie de grippe de 2021–2022 a été tardive, de faible intensité et brève, et a été influencée par la pandémie de COVID-19 en cours. Au cours des deux dernières années, relativement peu de Canadiens ont été infectés par la grippe, ce qui rend la population plus vulnérable aux souches saisonnières



de la grippe qui sont susceptibles de circuler dans les prochaines années. La circulation continue du SRAS-CoV-2 crée une grande incertitude quant au moment où une épidémie de grippe intense pourrait se produire de nouveau au Canada. Les autorités de la santé publique doivent demeurer vigilantes et continuer de planifier en fonction de la circulation de la grippe saisonnière et de maintenir la capacité de diagnostic et de surveillance des laboratoires pour aider à prévenir la propagation et les répercussions de la grippe. La vaccination contre la grippe demeure une intervention de santé publique importante pour protéger les Canadiens.

Déclaration des auteurs

L'équipe de Surveillance ÉpiGrippe du Centre de l'immunisation et des maladies respiratoires infectieuses a élaboré la première ébauche en collaboration; tous les auteurs ont contribué à la conceptualisation, à la rédaction et à la révision de l'article.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Merci beaucoup à tous ceux qui, partout au Canada, contribuent à la surveillance de la grippe. Le programme Surveillance ÉpiGrippe comprend un réseau bénévole de laboratoires, d'hôpitaux, de cabinets de médecins, de ministères provinciaux et territoriaux de la Santé et de Canadiens qui contribuent au programme ActionGrippe. Nous reconnaissons également la contribution des réseaux de surveillance et de recherche suivants qui contribuent à l'amélioration de la surveillance et de l'échange de connaissances sur l'efficacité du vaccin contre la grippe pour ÉpiGrippe : le réseau du Programme canadien de surveillance active de l'immunisation (IMPACT), le réseau de surveillance des cas graves du Réseau canadien de recherche sur l'immunisation, le Réseau de surveillance des résultats graves et le Réseau canadien de surveillance des praticiens sentinelles de la grippe. Enfin, nous tenons à remercier la Section de la caractérisation des souches et des tests de résistance antivirale du Laboratoire national de microbiologie pour la caractérisation des virus grippaux et respiratoires et la Section de la couverture vaccinale du Centre de l'immunisation et des maladies respiratoires infectieuses pour leur analyse des enquêtes nationales annuelles sur la couverture vaccinale saisonnière.

Financement

Le programme Surveillance ÉpiGrippe est financé par l'Agence de la santé publique du Canada.

Références

1. Nwosu A, Lee L, Schmidt K, Buckrell S, Sevenhuysen C, Bancej C. Rapport annuel national sur la grippe dans le contexte mondial, Canada, 2020–2021. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2021;47(10):450–8. [DOI](#)
2. Groves HE, Piché-Renaud PP, Peci A, Farrar DS, Buckrell S, Bancej C, Sevenhuysen C, Campigotto A, Gubbay JB, Morris SK. The impact of the COVID-19 pandemic on influenza, respiratory syncytial virus, and other seasonal respiratory virus circulation in Canada: A population-based study. *Lancet Reg Health Am* 2021;1:100015. [DOI](#)
3. Groves HE, Papenburg J, Mehta K, Bettinger JA, Sadarangani M, Halperin SA, Morris SK; for members of the Canadian Immunization Monitoring Program Active (IMPACT). The effect of the COVID-19 pandemic on influenza-related hospitalization, intensive care admission and mortality in children in Canada: A population-based study. *Lancet Reg Health Am* 2022;7:100132. [DOI](#)
4. Olsen SJ, Azziz-Baumgartner E, Budd AP, Brammer L, Sullivan S, Pineda RF, Cohen C, Fry AM. Decreased Influenza Activity During the COVID-19 Pandemic - United States, Australia, Chile, and South Africa, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2020;69(37):1305–9. [DOI](#)
5. Sullivan SG, Carlson S, Cheng AC, Chilver MB, Dwyer DE, Irwin M, Kok J, Macartney K, MacLachlan J, Minney-Smith C, Smith D, Stocks N, Taylor J, Barr IG. Where has all the influenza gone? The impact of COVID-19 on the circulation of influenza and other respiratory viruses, Australia, March to September 2020. *Euro Surveill* 2020;25(47):2001847. [DOI](#)
6. Tang JW, Bialasiewicz S, Dwyer DE, Dilcher M, Tellier R, Taylor J, Hua H, Jennings L, Kok J, Levy A, Smith D, Barr IG, Sullivan SG. Where have all the viruses gone? Disappearance of seasonal respiratory viruses during the COVID-19 pandemic. *J Med Virol* 2021;93(7):4099–101. [DOI](#)
7. World Health Organization. Karlsson EA, Mook PAN, Vandemaële K, Fitzner J, Hammond A, Cozza V, Zhang W, Moen A. Review of global influenza circulation, late 2019 to 2020, and the impact of the COVID-19 pandemic on influenza circulation. *Weekly epidemiological record* No 25, 2021, 96, 241–4. Geneva (CH): WHO; 2021. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/341994/WER9625-eng-fre.pdf>
8. Baker RE, Park SW, Yang W, Vecchi GA, Metcalf CJE, Grenfell BT. The impact of COVID-19 nonpharmaceutical interventions on the future dynamics of endemic infections. *Proc Natl Acad Sci USA* 2020;117(48):30547–53. [DOI](#)



9. Woolthuis RG, Wallinga J, van Boven M. Variation in loss of immunity shapes influenza epidemics and the impact of vaccination. *BMC Infect Dis* 2017;17(1):632. DOI
10. Agence de la santé publique du Canada. Mise à jour sur l'épidémiologie de la COVID-19. Ottawa, ON : ASPC; 2022. <https://sante-infobase.canada.ca/covid-19/>
11. Kim S, Chuang ESY, Sabaiduc S, Olsha R, Kaweski SE, Zelyas N, Gubbay JB, Jassem AN, Charest H, De Serres G, Dickinson JA, Skowronski DM. Influenza vaccine effectiveness against A(H3N2) during the delayed 2021/22 epidemic in Canada. *Euro Surveill* 2022;27(38). DOI
12. Lagacé-Wiens P, Sevenhuysen C, Lee L, Nwosu A, Smith T. Incidence des interventions non pharmaceutiques sur la détection de l'influenza A et B en laboratoire au Canada. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2021;47(3): 155–61. DOI
13. Qiu Z, Cao Z, Zou M, Tang K, Zhang C, Tang J, Zeng J, Wang Y, Sun Q, Wang D, Du X. The effectiveness of governmental nonpharmaceutical interventions against COVID-19 at controlling seasonal influenza transmission: an ecological study. *BMC Infect Dis* 2022;22(1):331. DOI
14. Han S, Zhang T, Lyu Y, Lai S, Dai P, Zheng J, Yang W, Zhou X-H, Feng L. Influenza's plummeting during the COVID-19 pandemic: The roles of mask-wearing, mobility change, and SARS-CoV-2 interference. *Engineering (Beijing)* 2022 Feb 2. DOI
15. Brown KA, Soucy J-PR, Buchan SA, Sturrock SL, Berry I, Stall NM, Jüni P, Ghasemi A, Gibb N, MacFadden DR, Daneman N. The mobility gap: estimating mobility thresholds required to control SARS-CoV-2 in Canada. *CMAJ* 2021;193(17): E592–600. DOI
16. Nouvellet P, Bhatia S, Cori A, Ainslie KEC, Baguelin M, Bhatt S, Boonyasiri A, Brazeau NF, Cattarino L, Cooper LV, Coupland H, Cucunuba ZM, Cuomo-Dannenburg G, Dighe A, Djaafara BA, Dorigatti I, Eales OD, van Elsland SL, Nascimento FF, FitzJohn RG, Gaythorpe KAM, Geidelberg L, Green WD, Hamlet A, Hauck K, Hinsley W, Imai N, Jeffrey B, Knock E, Laydon DJ, Lees JA, Mangal T, Mellan TA, Nedjati-Gilani G, Parag KV, Pons-Salort M, Ragonnet-Cronin M, Riley S, Unwin HJT, Verity R, Vollmer MAC, Volz E, Walker PGT, Walters CE, Wang H, Watson OJ, Whittaker C, Whittles LK, Xi X, Ferguson NM, Donnelly CA. Reduction in mobility and COVID-19 transmission. *Nat Commun* 2021;12(1):1090. DOI
17. Nickbakhsh S, Mair C, Matthews L, Reeve R, Johnson PCD, Thorburn F, von Wissmann B, Reynolds A, McMenamin J, Gunson RN, Murcia PR. Virus-virus interactions impact the population dynamics of influenza and the common cold. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2019;116(52):27142–50. DOI
18. Piret J, Boivin G. Viral Interference between Respiratory Viruses. *Emerg Infect Dis* 2022;28(2):273–81. DOI
19. World Health Organization. Global Influenza Programme. Influenza Update N° 425. Geneva, CH: WHO; 2022. <https://www.who.int/teams/global-influenza-programme/surveillance-and-monitoring/influenza-updates/current-influenza-update>
20. Stowe J, Tessier E, Zhao H, Guy R, Muller-Pebody B, Zambon M, Andrews N, Ramsay M, Lopez Bernal J. Interactions between SARS-CoV-2 and influenza, and the impact of coinfection on disease severity: a test-negative design. *Int J Epidemiol* 2021;50(4):1124–33. DOI
21. Zheng J, Chen F, Wu K, Wang J, Li F, Huang S, Lu J, Huang J, Liu H, Zhou R, Huang Z, Meng B, Yuan Z, Wu X. Clinical and virological impact of single and dual infections with influenza A (H1N1) and SARS-CoV-2 in adult inpatients. *PLoS Negl Trop Dis* 2021;15(11):e0009997. DOI
22. Dao TL, Hoang VT, Colson P, Million M, Gautret P. Co-infection of SARS-CoV-2 and influenza viruses: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Virol Plus* 2021;1(3):100036. DOI
23. Santos CAD, Bezerra GVB, Marinho ARRAA, Sena LOC, Menezes VJ, Teixeira DCP, Souza MF, Góes MAO, Martins-Filho PR. SARS-CoV-2/influenza A (H3N2) virus coinfection: epidemiological surveillance in Northeast Brazil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2022;55:e0132. DOI
24. Lee K, Jalal H, Raviotta JM, Krauland MG, Zimmerman RK, Burke DS, Roberts MS. Estimating the Impact of Low Influenza Activity in 2020 on Population Immunity and Future Influenza Seasons in the United States. *Open Forum Infect Dis* 2021;9(1):ofab607. DOI
25. Krauland MG, Galloway DD, Raviotta JM, Zimmerman RK, Roberts MS. Impact of Low Rates of Influenza on Next-Season Influenza Infections. *Am J Prev Med* 2022;62(4):503–10. DOI
26. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Interim US flu vaccine effectiveness (VE) data for 2021–2022. Atlanta, GA: CDC; (accède 2022-09-06). <https://www.cdc.gov/flu/vaccines-work/2021-2022.html>
27. Santé publique France. Grippe. Bilan préliminaire de l'épidémie de grippe 2021-22. [Influenza. Preliminary assessment of the 2021/22 influenza epidemic.] Saint-Maurice: Santé publique France; 2022. French. https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/440665/document_file/Bulletin_grippe_bilan_21-22.pdf
28. World Health Organization (WHO). Recommendations for influenza vaccine composition; 2022; (accède 2022-09-20). <https://www.who.int/teams/global-influenza-programme/vaccines/who-recommendations>



Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines, Canada, 2021

Emily R Thompson¹, Maryem El Jaouhari¹, Nadine Eltayeb¹, Christine Abalos¹, Megan Striha^{1*}, Rojiemiahd Edjoc², Collins Ayoo², Samuel Bonti-Ankomah¹

Résumé

Contexte : Le système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada surveille les incidents de laboratoire qui doivent être signalés au titre de la *Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines* et du *Règlement sur les agents pathogènes humains et les toxines*. Cet article décrit les incidents d'exposition en laboratoire qui se sont produits au Canada en 2021 et les personnes affectées par ces incidents.

Méthodes : Tous les incidents de laboratoire qui se sont produits dans des laboratoires canadiens autorisés en 2021 ont été extraits du système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada à l'aide du logiciel R. Le taux d'incidents d'exposition a été calculé pour produire des statistiques descriptives selon le secteur, la cause fondamentale, le type d'activité, l'occurrence et l'agent pathogène ou la toxine concernée. Les personnes affectées ont été analysées selon l'éducation, la voie d'exposition, le secteur, le rôle et l'expérience en laboratoire. Une analyse saisonnière a été menée pour comparer la médiane mensuelle des incidents d'exposition entre 2016 et 2020 aux incidents mensuels de 2021.

Résultats : Le système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada a reçu quarante-trois incidents d'exposition impliquant 72 personnes en 2021. Il y a eu deux infections confirmées acquises en laboratoire et une infection présumée. Le taux d'exposition annuel était de 4,2 incidents pour 100 permis en vigueur. La plupart des cas d'exposition mettaient en cause des agents biologiques qui ne sont pas à cote de sécurité élevée ($n = 38$; 86,4 %) et des agents pathogènes humains du groupe de risque 2 ($n = 27$; 61,4 %). Les bactéries ($n = 20$; 45,5 %) et les virus ($n = 16$; 36,4 %) étaient les types d'agents les plus impliqués. La microbiologie était la principale activité exécutée pendant la plupart des incidents d'exposition ($n = 18$; 41,9 %) et la plupart des incidents sont survenus dans le secteur universitaire ($n = 20$; 46,5 %). Les incidents liés à un objet tranchant ou pointu ($n = 12$; 22,2 %) étaient les plus fréquents, tandis que l'interaction humaine (e. contraintes, pressions, exigences de la charge de travail, erreur humaine) ($n = 29$, 28,2 %) était la cause fondamentale la plus courante. La plupart des personnes touchées ont été exposées par inhalation ($n = 38$; 52,8 %). Elles travaillaient à titre de techniciens ou de technologues ($n = 51$; 70,8 %). Les analyses saisonnières ont révélé que le nombre d'incidents d'exposition signalés en 2021 était plus élevé en septembre et en mai.

Conclusion : Le taux d'incidents en laboratoire était légèrement inférieur en 2021 à celui de 2020. Le type d'incident le plus fréquent était lié à un objet pointu ou tranchant, tandis que les problèmes d'interaction humaine étaient la première cause fondamentale citée.

Citation proposée : Thompson ER, El Jaouhari M, Eltayeb N, Abalos C, Striha M, Edjoc R, Ayoo C, Bonti-Ankomah E. Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines, Canada, 2021. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* en 2022;48(10):532–40.

<https://doi.org/10.14745/ccdr.v48i10a08f>

Mots-clés : expositions en laboratoire, incidents de laboratoire, infections contractées en laboratoire, agents pathogènes humains et toxines, surveillance, déclaration des incidents en laboratoire au Canada, Centre de la biosûreté

Cette oeuvre est mise à la disposition selon les termes de la licence internationale [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Affiliations

¹ Direction générale de la sécurité sanitaire et des opérations régionales, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON

² Direction générale de la promotion de la santé et de la prévention des maladies chroniques, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON

*Correspondance :

megan.striha@phac-aspc.gc.ca



Introduction

Lorsqu'on travaille en laboratoire avec des agents pathogènes humains et des toxines, il y a un risque inhérent pour la sécurité du personnel de laboratoire. Le risque d'infections contractées en laboratoire a mené à l'élaboration de mesures de surveillance de la biosécurité partout dans le monde, comme des pratiques réglementées de sécurité en laboratoire et la déclaration obligatoire des expositions dans divers contextes. Aux États-Unis, en Belgique et au Royaume-Uni, les infections contractées en laboratoire sont surveillées par différents organismes et systèmes selon plusieurs niveaux d'autorité réglementaire (1–3). En comparaison, le Canada a un système obligatoire de déclaration complète de l'exposition à l'échelle fédérale qui a été établi pour recueillir tous les incidents de laboratoire liés aux agents pathogènes humains et toxines.

Le Centre de la biosûreté de l'Agence de la santé publique du Canada (l'Agence) administre et applique la *Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines* (LAPHT) et le *Règlement sur les agents pathogènes humains et les toxines* (RAPHT) qui ont été adoptés pour promouvoir la sécurité du public contre les risques liés au travail avec les agents pathogènes humains et les toxines dans les laboratoires hospitaliers, universitaires, publics et privés. La LAPHT est entrée en vigueur en 2015 et elle s'applique par l'entremise du RAPHT. La LAPHT classe les agents pathogènes humains et les toxines en groupes de risque en fonction de leur potentiel de nuire à la santé d'une personne et de la collectivité (4). Les agents pathogènes de groupe de risque 1 sont ceux qui ne sont pas capables ou qui sont peu susceptibles de causer des maladies chez les humains et qui sont associés à un faible risque pour les personnes et la collectivité. Les agents pathogènes du groupe de risque 2 peuvent causer des maladies graves chez une personne, mais il est peu probable que cela se produise, et le risque de propagation communautaire est faible. Les agents pathogènes classés dans le groupe de risque 3 sont susceptibles de causer une maladie grave chez une personne infectée, mais le risque de propagation au public est faible. La catégorie du groupe de risque 4 est réservée aux agents pathogènes humains et toxines qui sont susceptibles de causer des maladies graves et nuisibles chez une personne et dont la propagation à d'autres personnes dans la collectivité est préoccupante. Il a été déterminé qu'un sous-ensemble d'agents pathogènes humains et de toxines pose un risque accru pour la biosécurité en raison de leur potentiel d'utilisation comme arme biologique. Ils sont donc classés comme agents biologiques à cote de sécurité élevée (ABCSE). Conformément à la LAPHT, toutes les installations de laboratoire canadiennes sont tenues d'obtenir un permis si elles mènent des activités contrôlées avec les agents pathogènes humains et toxines des groupes de risque 2, 3 ou 4 (5).

La LAPHT décrit les mesures que doivent prendre les laboratoires, comme la déclaration obligatoire en temps opportun des incidents mettant en cause des agents pathogènes

groupe de risque 2 ou de niveau supérieur dans les cas suivants (6) : expositions et infections ou intoxication soupçonnées ou confirmées acquises en laboratoire; possession; la production ou la libération involontaire d'un agent pathogène humain ou d'une toxine; un agent biologique disparu, perdu ou volé, y compris les ABCSE non reçues dans les 24 heures suivant l'arrivée prévue; et les changements touchant le bioconfinement, notamment les changements à la structure physique de l'installation, à tout équipement ou aux procédures opératoires normalisées.

En décembre 2015, le système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada a été lancé pour appliquer et superviser les exigences de déclaration des incidents mettant en cause des agents pathogènes humains et des toxines des groupes de risque 2 et de niveau supérieur, comme il est décrit dans le RAPHT. Le système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada reçoit des rapports de tous les laboratoires autorisés au Canada décrivant les incidents d'exposition ou autres qui mettent en cause des agents pathogènes humains et des toxines. Au total, 279 incidents d'exposition ont été signalés entre 2016 et 2020, touchant un total de 596 personnes dans des laboratoires privés, publics, hospitaliers et universitaires (7–11). À la lumière de la pandémie actuelle de la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19), il y a eu une sensibilisation et un intérêt accru du public à l'égard de la biosûreté et de la biosécurité.

L'objectif de ce rapport annuel est de décrire la répartition des incidents de laboratoire signalés au système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada en 2021 et les facteurs connexes, notamment le type d'activité, le secteur, l'agent, l'occurrence, les causes fondamentales, en plus d'une analyse des personnes exposées.

Méthodes

Source de données

Depuis le lancement du système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada (DILC), les parties réglementées sont tenues de présenter leurs rapports de déclaration pour les incidents d'exposition en laboratoire, notamment les infections contractées en laboratoire soupçonnées ou confirmées, par l'entremise du portail de la biosûreté de l'Agence. Les formulaires sont normalisés pour saisir certains renseignements sur les incidents d'exposition. Les données sont saisies au moyen du système de gestion des relations avec la clientèle de Microsoft et elles sont examinées par les membres de l'équipe de DILC aux fins d'exactitude et d'intégralité. Pour cette analyse, les données sur les incidents d'exposition survenus entre le 1^{er} janvier 2021 et le 31 décembre 2021, notamment les incidents signalés au cours de cette période sans date d'occurrence précise, ont été utilisées. Si plus



d'un rapport de suivi a été présenté, les données du rapport le plus récent ont été utilisées. Les données extraites ont été nettoyées en inspectant les valeurs aberrantes, en corrigeant les erreurs d'orthographe et en supprimant les entrées en double. La déclaration est volontaire lorsque l'agent ou l'incident ne relève pas de la LAPHT. Il s'agit des incidents mettant en cause des agents dans leur environnement naturel ou classés comme groupe de risque 1. Ces rapports sont parfois soumis au système de surveillance DILC à la discrétion du déclarant et ils sont souvent incomplets, car aucun suivi n'est requis. Par conséquent, ces rapports sont exclus de l'analyse.

Dans le cadre de la LAPHT et du RAPHT, un incident d'exposition a été défini comme un incident de laboratoire qui aurait pu entraîner une intoxication ou une infection, ou avoir entraîné une infection contractée en laboratoire soupçonnée ou confirmée (4,6). Un incident sans exposition a trait à la possession, à la production ou à la libération involontaire d'un agent pathogène ou d'une toxine, à un agent pathogène ou à une toxine perdus ou volés, ou à un ABCSE qui n'a pas été reçu dans les 24 heures suivant l'arrivée prévue.

Analyse

Les données des rapports dans le système de surveillance DILC ont été extraites vers Microsoft Excel le 28 février 2022 afin de produire des statistiques descriptives dans R 4.0.2. La validation croisée de toutes les constatations a été effectuée dans SAS EG 7.1. Les incidents d'exposition, notamment les infections contractées en laboratoire confirmées et soupçonnées, ont été classés comme des incidents confirmés ou exclus selon les détails de l'enquête dans les rapports de suivi. Les personnes touchées ont été exclues si l'événement lui-même a été exclu ou si l'on a déterminé autrement que la personne n'avait pas été exposée. Le nombre annuel d'incidents d'exposition entre 2016 et 2020 a été mis à jour à l'aide des données les plus récentes pour tenir compte des changements dans l'état des rapports historiques, car le système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada reçoit continuellement de nouvelles données; par conséquent, il convient de noter qu'il peut exister des écarts entre les valeurs de ce rapport et celles des rapports annuels des années précédentes.

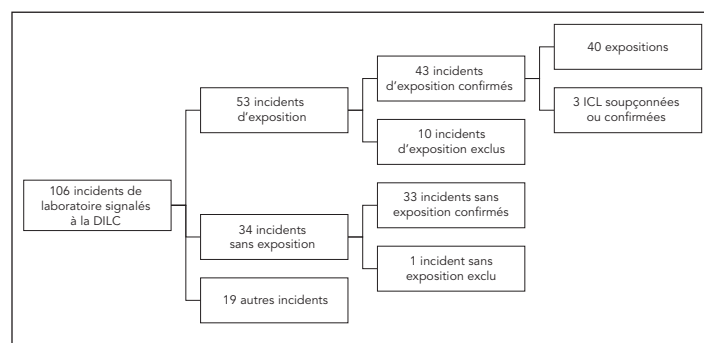
Parmi les incidents d'exposition confirmés, le nombre d'incidents a été analysé en fonction du rapport reçu et de la personne touchée, et il peut y avoir plus d'un facteur par rapport. Pour chaque rapport d'incident, on a examiné la répartition des incidents signalés par secteur, activité principale, cause fondamentale, type d'occurrence et pathogène ou toxine concerné, ainsi que les retards de déclaration. Pour chaque personne touchée, on a examiné la répartition de leur niveau d'instruction le plus élevé, les années d'expérience, la voie d'exposition, le secteur et le rôle principal. À la lumière de la pandémie de COVID-19 en cours, l'analyse a mis en évidence les enquêtes propres au coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère 2 (SRAS-CoV-2).

Une comparaison des incidents d'exposition et une mesure du taux d'incidents d'exposition par 100 permis en vigueur de 2016 à 2020 ont également été effectuées. Enfin, une analyse des tendances saisonnières a été effectuée pour comparer la fréquence mensuelle des incidents d'exposition entre 2016 et 2021. Les incidents d'exposition mensuels pour la période de cinq ans ont été calculés en obtenant le nombre médian d'expositions pour chaque mois. La médiane a été choisie plutôt que la moyenne, car elle fournit une meilleure mesure de la tendance centrale des incidents d'exposition en amortissant le bruit à partir des valeurs aberrantes.

Résultats

Entre le 1^{er} janvier 2021 et le 31 décembre 2021, le système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada a reçu 106 rapports d'incidents de laboratoire : 53 rapports d'exposition, 34 rapports sans exposition et 19 autres rapports sur des changements ayant une incidence sur le confinement biologique (**figure 1**). Parmi les rapports d'exposition, deux ont donné lieu à une infection contractée en laboratoire confirmée, un concernait une infection contractée en laboratoire soupçonnée et dix ont été exclus (**figure 1**). Un rapport sans exposition a été exclu. Au départ, 83 personnes auraient été exposées lors de ces incidents de laboratoire, mais après enquête, 11 personnes ont été exclues.

Figure 1 : Types d'incidents signalés au système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada et incidents d'exposition inclus dans l'analyse, au Canada, en 2021



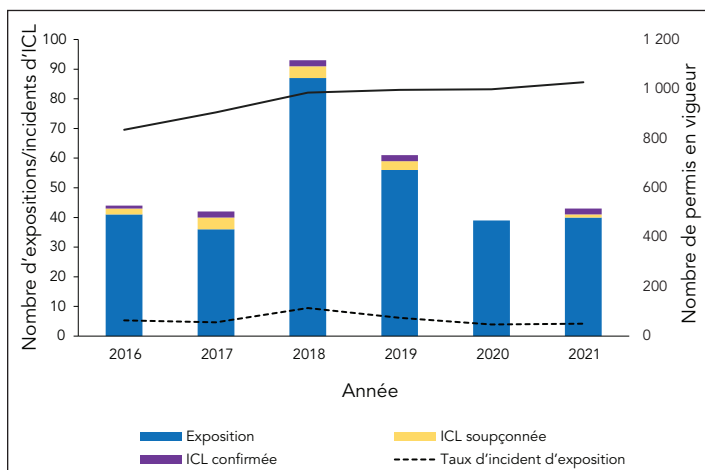
Abréviations : ICL, infections contractées en laboratoire; DILC, déclaration des incidents en laboratoire au Canada

En 2021, il y avait 1 027 permis en vigueur au Canada permettant l'utilisation d'agents pathogènes humains et de toxines. Par conséquent, le taux d'incidents d'exposition était de 4,2 incidents pour 100 permis en vigueur en 2021 (**figure 2**).

Entre 2016 et 2020, le nombre médian d'incidents d'exposition par mois a varié, le plus faible étant de 2,5 incidents par mois en juin et en août, et le plus élevé étant de 6,5 incidents par mois en septembre (**figure 3**). En comparaison, le nombre d'incidents d'exposition en 2021 a également varié : le plus faible était en

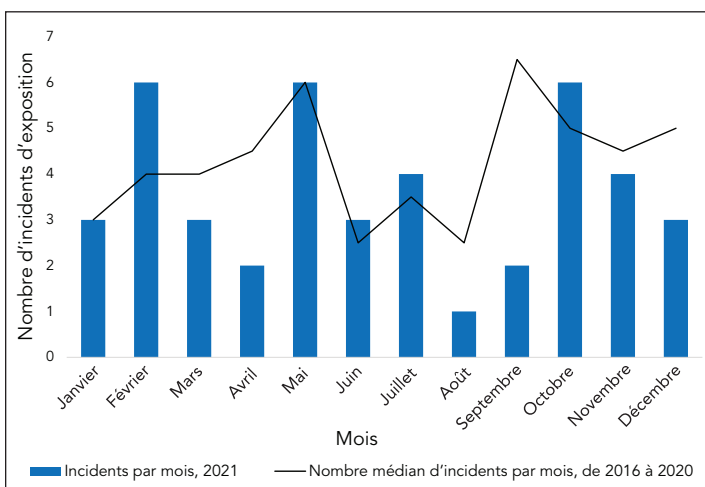


Figure 2 : Incidents d'exposition confirmés, incidents d'infection contractée en laboratoire confirmés et soupçonnés et taux d'incidents d'exposition, Canada, de 2016 à 2021



Abréviation : ICL, infections contractées en laboratoire

Figure 3 : Analyse saisonnière à l'aide de l'exposition médiane d'incidents d'exposition confirmés^a par mois, Canada, de 2016 à 2021



^a Les incidents d'exposition comprennent ceux qui impliquent une infection soupçonnée ou confirmée acquise en laboratoire

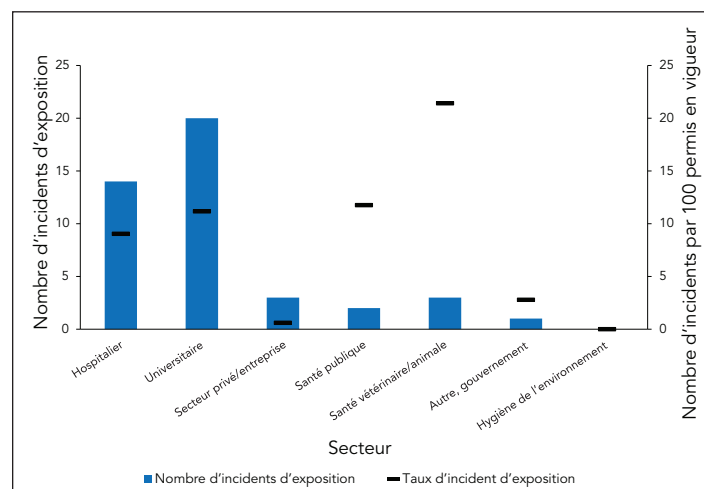
août (un incident par mois) et le plus élevé était en février, en mai et en octobre (six incidents par mois).

Incidents d'exposition par activité principale et secteur

Parmi les incidents d'exposition signalés, la microbiologie était l'activité la plus fréquente pendant l'incident ($n = 18$; 41,9 %), suivie de la recherche *in vivo* sur les animaux ($n = 12$; 27,9 %). Les activités les moins fréquemment signalées comprenaient les soins aux animaux, la culture cellulaire, les autopsies ou nécropsies, les investigations moléculaires, la microscopie ou autres ($n = 13$; 30,2 %). Les définitions des principales activités figurent au **tableau A1 de l'appendice**.

La plupart des incidents d'exposition se sont produits dans le secteur universitaire ($n = 20$; 11,2 pour 100 permis en vigueur), suivi du secteur hospitalier ($n = 14$; 9,0 pour 100) (**figure 4**). Le secteur de la santé vétérinaire et animale affichait le taux le plus élevé d'incidents d'exposition pour 100 permis en vigueur (21,4 pour 100), suivi de près par le secteur de la santé publique (11,8 pour 100). Aucun incident n'a été signalé en 2021 dans le secteur de l'hygiène de l'environnement.

Figure 4 : Incidents d'exposition confirmés signalés au système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada et permis en vigueur par secteur, au Canada, en 2021



Agents pathogènes humains et toxines concernés

Au total, 44 agents pathogènes et toxines ont été impliqués dans les 43 incidents d'exposition; un incident a impliqué deux agents pathogènes. Parmi les 44 agents biologiques concernés, la plupart n'étaient pas des ABCSE ($n = 38$; 86,4 %) et des agents pathogènes humains du groupe de risque 2 ($n = 27$; 61,4 %) (**tableau 1**). Les bactéries ($n = 20$; 45,5 %) et les virus ($n = 16$; 36,4 %) étaient les types d'agents le plus souvent concernés, tandis qu'aucun rapport présenté ne faisait état de parasites. *Neisseria meningitidis* et *Streptococcus agalactiae* étaient les agents du groupe de risque 2 les plus fréquents ($n = 3$; 6,8 % chacun). Le SRAS-CoV-2 était l'agent du groupe de risque 3 le plus fréquent ($n = 6$; 13,6 %). Le virus de la vaccine était l'agent concerné dans l'infection contractée en laboratoire soupçonnée, et *Salmonella enterica* et *Staphylococcus aureus* étaient en cause dans les deux infections contractées en laboratoire confirmées.

Types d'incidents

La **figure 5** présente les 54 types d'incidents signalés dans les 43 rapports d'incidents d'exposition. Les incidents liés à un objet pointu ou tranchant étaient les plus fréquemment signalés ($n = 12$; 27,9 %), suivis des incidents liés à une procédure ($n = 10$; 23,3 %) et des incidents liés à l'équipement de protection individuelle ($n = 9$; 20,9 %). Les définitions des types d'incidents figurent au **tableau A2**.



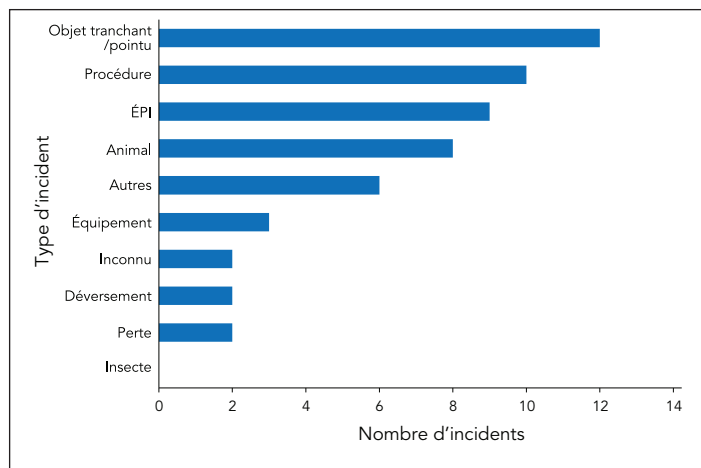
Tableau 1 : Agents pathogènes humains ou toxines concernés dans les incidents d'exposition signalés par niveau de groupe de risque et statut de cote de sécurité élevé, au Canada, en 2021 (N = 44)

Type d'agent biologique par groupe de risque	Non ABCSE		ABCSE		Inconnu		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Groupe de risque 2	27	61	0	0	0	0	27	61
Bactérie	15	34	0	0	0	0	15	34
Champignons	0	0	0	0	0	0	0	0
Parasite	0	0	0	0	0	0	0	0
Prion	2	5	0	0	0	0	2	5
Toxine	1	2	0	0	0	0	1	2
Virus	9	20	0	0	0	0	9	20
Inconnu	0	0	0	0	0	0	0	0
Groupe de risque 3	11	25	5	11	0	0	16	36
Bactérie	1	2	3	7	0	0	4	9
Champignons	2	5	2	5	0	0	4	9
Parasite	0	0	0	0	0	0	0	0
Prion	1	2	0	0	0	0	1	2
Toxine	0	0	0	0	0	0	0	0
Virus	7	16	0	0	0	0	7	16
Inconnu	0	0	0	0	0	0	0	0
Bactérie^a	0	0	0	0	1	2	1	2
Total	38	86	5	11	1	2	44	100

Abréviation : ABCSE, agents biologiques à cote de sécurité élevée

^a Cet agent a été identifié comme étant *Brucella* spp. mais n'a pas été défini dans un groupe de risque, car aucune espèce n'a été identifiée

Figure 5 : Types d'incidents rapportés lors des incidents d'exposition signalés, au Canada, en 2021 (N = 54)



Abréviation : ÉPI, équipement de protection individuelle

Causes fondamentales et points d'amélioration de la sécurité des laboratoires

Au total, 103 causes fondamentales ont été identifiées dans les 43 rapports d'exposition au moyen d'une enquête sur les rapports de suivi (**tableau 2**), ce qui donne une moyenne de 2,4 causes fondamentales par rapport. Les problèmes liés aux interactions humaines étaient la cause principale la plus courante (n = 29, 67,4 %), suivis des procédures opératoires normalisées (n = 20, 46,5 %), des problèmes d'équipement (n = 16, 37,2 %) et de la formation (n = 14, 32,6 %).

Tableau 2 : Causes fondamentales signalées dans les rapports de suivi des incidents d'exposition, au Canada, en 2021 (N = 103)

Cause fondamentale	Exemples de point préoccupant	Citations	
		n	% ^a
Interaction humaine	Une violation (prendre un raccourci, ne pas suivre la procédure correcte, dévier de la procédure opératoire normalisée)	29	67,4 %
	Une erreur (une erreur, un manque de concentration, ou un dérapage quelconque)		
Procédure opératoire normalisée	Les documents ont été suivis tels qu'ils étaient écrits, mais ils n'étaient pas corrects pour l'activité ou la tâche	20	46,5 %
	Procédures non en place, mais qui aurait dû l'être		
	Les documents n'ont pas été correctement suivis		
Équipement	Le contrôle de la qualité des équipements doit être amélioré	16	37,2 %
	Défaillance de l'équipement		
	L'équipement n'était pas adapté aux besoins		
Formation	Formation non en place, mais qui aurait dû l'être	14	32,6 %
	La formation ne convient pas à la tâche ou à l'activité		
	Le personnel n'était ni qualifié ni compétent dans l'exécution de la tâche		
Communications	La communication n'a pas eu lieu, mais aurait dû	10	23,3 %
	La communication n'était pas claire, ambiguë, etc.		
Gestion et supervision	La supervision a besoin d'amélioration	10	23,3 %
	Une absence de contrôle des normes, politiques et procédures		
	Amélioration de l'évaluation des risques		
Autres	Ne s'applique pas	4	9,3 %

^a Le dénominateur pour le calcul du pourcentage est le nombre total de rapports (n = 43). Les pourcentages s'additionnent à plus de 100 %, car chaque rapport peut avoir plusieurs causes fondamentales. Les pourcentages ici représentent la proportion de rapports qui indiquent la cause fondamentale donnée, par exemple 67,4 % des rapports ont choisi l'interaction humaine comme l'une des causes fondamentales

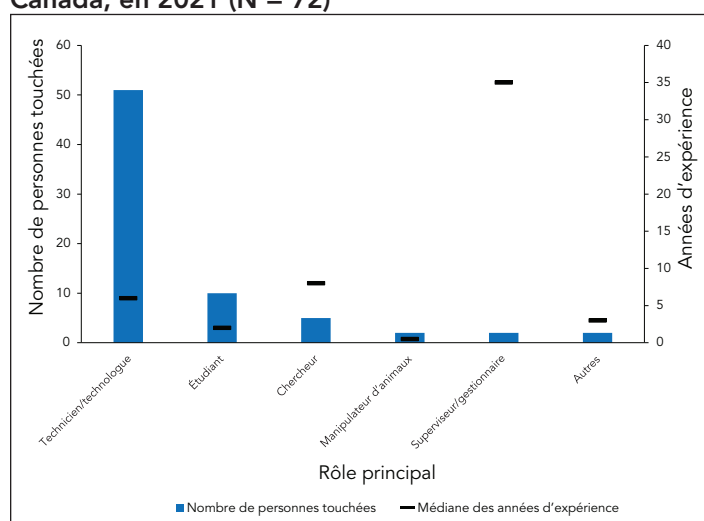


Personnes exposées

Au total, 72 personnes ont été exposées dans le cadre de 43 incidents d'exposition confirmés signalés au système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada. La plupart des personnes exposées avaient un diplôme technique ou professionnel ($n = 47$; 65,3 %) ou un baccalauréat ($n = 10$; 13,9 %). Les autres niveaux d'enseignement les plus élevés comprennent la maîtrise ($n = 4$; 5,6 %) et le MD/PHD ($n = 3$; 4,2 %).

Parmi les personnes exposées, la plupart travaillaient comme techniciens ou technologues ($n = 51$; 70,8 %), étudiants ($n = 10$; 13,9 %) ou chercheurs ($n = 5$, 6,9 %). Parmi les autres personnes concernées, mentionnons un superviseur, un gestionnaire ($n = 2$; 2,8 %) et des préposés aux animaux ($n = 2$; 2,8 %). Le nombre médian d'années d'expérience était de six ans chez les techniciens ou technologues et de deux ans chez les étudiants (figure 6).

Figure 6 : Personnes touchées par des incidents d'exposition signalés, selon le nombre d'années d'expérience en laboratoire et le rôle principal^a, au Canada, en 2021 (N = 72)



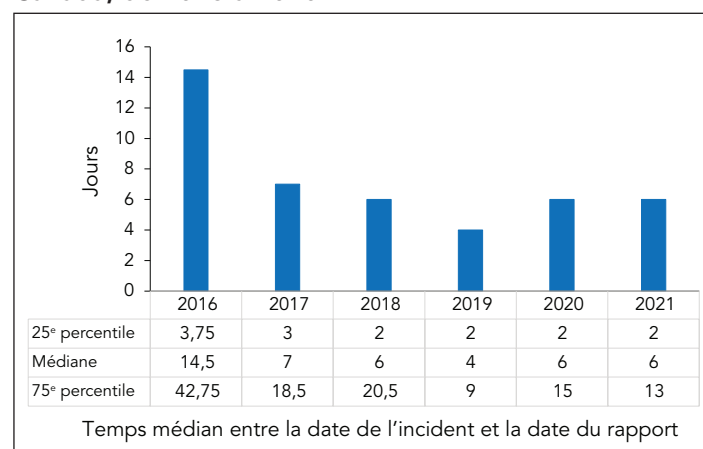
^a Les autres rôles sont ceux qui, selon les déclarants, ne sont pas compris dans les autres catégories, comme les vétérinaires cliniciens

Parmi les 72 personnes exposées, la plupart ont été exposées aux agents pathogènes humains et toxines par inhalation ($n = 38$; 52,8 %) ou par injection par un objet tranchant ou pointu ($n = 12$; 16,7 %) (données non indiquées). Les autres voies d'exposition signalées comprenaient l'absorption par contact avec les muqueuses ou la peau et l'injection.

Délai entre l'incident et la date du rapport

En 2021, 58,1 % ($n = 25$) de tous les rapports d'exposition ($n = 43$) ont été soumis au système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada dans la semaine suivant l'incident. Le nombre médian de jours entre l'incident et le signalement était de six jours en 2021, soit le même qu'en 2020 (figure 7).

Figure 7 : Délai entre la date de l'incident et la date de présentation du rapport au système de surveillance des déclarations des incidents en laboratoire au Canada, de 2016 à 2020



Discussion

Le système de surveillance DILC a reçu 43 rapports d'exposition obligatoires en 2021, dont deux ont donné lieu à une infection contractée en laboratoire confirmée et à une infection contractée en laboratoire soupçonnée, soit une légère augmentation par rapport à 2020. Comme pour les rapports des années précédentes, les expositions ont eu lieu principalement dans le cadre de recherches microbiologiques et *in vivo* sur les animaux et principalement dans les secteurs hospitalier et universitaire (7–11). La plupart des incidents concernaient des organismes non ABCSE et des organismes de groupe de risque 2. Les bactéries et les virus étaient le type d'agent le plus souvent concerné. Les expositions sont principalement attribuables à des manquements aux procédures opératoires, à des incidents liés à un objet pointu ou tranchant et à la défaillance ou à l'insuffisance de l'équipement.

Expositions au SRAS-CoV-2

L'année 2021 est la première année complète de données sur les incidents d'exposition qui se sont produits pendant la pandémie de COVID-19. Le SRAS-CoV-2 était l'agent le plus souvent concerné dans tous les groupes pathogènes, ce qui peut s'expliquer en partie par l'intensification des activités de laboratoire axées sur le traitement de la COVID-19, sur la vaccination et sur la compréhension de la pathogénicité du SRAS-CoV-2. Il convient de noter que, conformément à la LAPHT, les incidents d'exposition signalés concernant le SRAS-CoV-2 n'incluaient pas les incidents d'exposition survenant pendant les activités de diagnostic.

La comparaison des données de 2021 avec les niveaux d'avant la pandémie montre une certaine réduction du nombre d'incidents d'exposition en laboratoire et d'infections contractées en laboratoire. Cela suggère que la réduction du personnel de laboratoire et du travail de laboratoire en raison des confinements et des fermetures de lieux de travail, l'utilisation



accrue de l'EPI et l'accent renouvelé sur la biosécurité pourraient avoir eu une incidence sur la fréquence des incidents de laboratoire. Les données sur les incidents d'exposition après la reprise complète des activités de laboratoire seront essentielles pour dégager d'autres tendances en matière d'incidents de laboratoire.

Variation saisonnière des incidents d'exposition

Une analyse des incidents d'exposition médiane mensuelle de 2016 à 2020 démontre une variation saisonnière marquée, le plus grand nombre d'incidents ayant eu lieu en septembre et en mai, et le plus faible nombre en janvier, juin et août (figure 3). Cette donnée laisse croire que la baisse du nombre d'incidents liés à l'exposition peut s'expliquer par la baisse du nombre d'employés pendant les vacances d'été, suivie d'une augmentation en septembre alors que les employés des laboratoires retournent au bureau et que les étudiants retournent dans les laboratoires universitaires. De même, le sommet en mai pourrait être représentatif d'un afflux de nouveaux membres de laboratoire pendant la période d'embauche d'été, ainsi que d'étudiants qui acceptent des stages d'été.

Les tendances de la fréquence des incidents d'exposition observés en 2021 étaient semblables au nombre médian d'incidents mensuels entre 2016 et 2020, à l'exception de septembre 2021. Seulement deux incidents ont été signalés en septembre, comparativement à 6,5 incidents prévus. L'enquête sur les rôles des personnes concernées, leurs années d'expérience et le secteur d'activité des permis n'a fourni aucun renseignement supplémentaire sur la raison pour laquelle moins d'incidents ont été signalés en septembre 2021. La diminution de la présence des étudiants sur les campus et la réduction de la capacité de dotation dans les laboratoires en raison de la pandémie de COVID-19 pourraient avoir eu une incidence sur ces chiffres.

L'interaction humaine comme cause fondamentale des incidents

L'interaction humaine a été citée comme cause fondamentale des incidents d'exposition dans près de 70 % des rapports, ce qui représente une augmentation de 20 % par rapport à 2019. Ces incidents sont fréquemment cités avec d'autres causes fondamentales, de sorte que l'interaction humaine peut également avoir des répercussions sur d'autres sujets de préoccupation, comme la formation, l'équipement, les procédures opératoires normalisées et les communications. Par conséquent, l'interaction humaine représente un important domaine d'amélioration de la biosécurité des laboratoires. En effet, une évaluation des risques liés à la biosécurité des accidents de laboratoire aux États-Unis effectuée en 2017 a déterminé que l'erreur humaine était le principal facteur des accidents de biosécurité en laboratoire, mais il existe peu de données quantifiant la mesure dans laquelle l'interaction

humaine joue un rôle dans la biosécurité en laboratoire (12). Des renseignements supplémentaires sur les causes fondamentales des rapports d'exposition présentés à l'Agence pourraient donner l'occasion d'explorer davantage ces tendances et de combler cette lacune dans les connaissances.

Forces et faiblesses

La principale force de cette étude est la collecte de données sur les incidents en laboratoire au moyen d'un système de déclaration normalisé et obligatoire partout au Canada. Le portail sur la biosécurité de l'Agence de la santé publique du Canada offre une méthode accessible et facile à utiliser pour signaler les renseignements clés concernant les incidents d'exposition en laboratoire. Par conséquent, il est possible de mener une évaluation en temps quasi réel des risques en matière de biosécurité et des tendances d'expositions aux agents pathogènes humains et toxines. Une communication efficace avec les autres membres du Centre de la biosûreté, comme l'équipe d'inspection, permet de déterminer rapidement les tendances en matière de déclaration et la possibilité d'atténuer les risques d'incidents dans les installations autorisées.

Comme pour les années précédentes, la sous-déclaration des incidents d'exposition en laboratoire demeure une limite possible pour cette analyse, et son ampleur est actuellement inconnue. Pour atténuer ces problèmes, le Centre de la biosûreté offre d'autres méthodes de déclaration d'incident, notamment par télécopieur, courriel et appels téléphoniques. Il organise également des séances de formation et envoie des bulletins trimestriels aux parties réglementées pour les informer des changements apportés aux Normes canadiennes sur la biosécurité et de leur obligation de déclarer les incidents d'exposition en laboratoire dans le but d'améliorer la conformité des rapports. De plus, les inspecteurs vérifient les signalements des incidents lorsqu'ils inspectent des laboratoires réglementés et ils encouragent leur déclaration.

Il est également important de noter que le manque d'informations disponibles sur les incidents de laboratoire dans d'autres administrations rend particulièrement difficile la comparaison des tendances de déclaration observées à l'extérieur du Canada. Les incidents de laboratoire sont souvent signalés sous forme d'études de cas dans d'autres pays, de sorte qu'il y a un manque de données centralisées ou facilement accessibles à ce sujet. Le Canada est un exemple unique d'un pays doté d'un système centralisé et normalisé permettant de recueillir des renseignements sur les incidents en laboratoire de façon uniforme.

Enfin, le système de surveillance de déclaration des incidents en laboratoire au Canada ne prend actuellement pas en charge la collecte du nombre total d'employés ou la répartition des rôles au sein des laboratoires. Le nombre de permis en vigueur est utilisé comme indicateur de la taille de l'effectif, ce qui limite la possibilité de fournir des analyses plus exhaustives des taux



d'incidence de l'exposition. Par conséquent, il faut faire preuve de prudence dans l'interprétation de ces données au niveau des laboratoires.

Conclusion

Le taux d'incidents d'exposition en laboratoire en 2021 était semblable à celui déclaré en 2020. Les perturbations du travail en laboratoires à la lumière de la pandémie de COVID-19 en cours pourraient avoir contribué à réduire les taux d'incidents d'exposition en laboratoire par rapport aux années précédentes. Malgré cela, l'analyse des rapports des parties réglementées a révélé des tendances soutenues dans les caractéristiques des incidents d'exposition en laboratoire au Canada, notamment le type d'incidents, les causes fondamentales et les secteurs en cause, ce qui pourrait aider à éclairer davantage les lignes directrices visant à améliorer la biosécurité au Canada.

Déclaration des auteurs

E. R. T. et M. E. J. ont contribué à parts égales au présent article.

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Nous tenons à remercier nos parties réglementées pour leur appui constant et leur contribution au signalement des incidents partout au Canada. Nous tenons également à remercier tout particulièrement le personnel du Centre de la biosûreté pour sa contribution, son soutien et son expertise continus.

Financement

Aucun.

Références

1. Wurtz N, Papa A, Hukic M, Di Caro A, Leparç-Goffart I, Leroy E, Landini MP, Sekeyova Z, Dumler JS, Bădescu D, Busquets N, Calistri A, Parolin C, Palù G, Christova I, Maurin M, La Scola B, Raoult D. Survey of laboratory-acquired infections around the world in biosafety level 3 and 4 laboratories. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2016;35(8):1247–58. DOI
2. Singh K. Laboratory-acquired infections. *Clin Infect Dis* 2009;49(1):142–7. DOI
3. Willemarck N, Van Vaerenbergh B, Descamps E, Brosius B, Thi CDD, Leunda A, Baldo A. Institut Scientifique de santé publique. Laboratory-Acquired Infections in Belgium (2007–2012). An online survey. Brussels, BE: ISSP; 2015; (accédé 2021-02-25). https://www.bioveiligheid.be/sites/default/files/2015_willemarck_lai_report_belgium_2007_2012_final.pdf
4. Agence de la santé publique du Canada. Norme canadienne sur la biosécurité (NCB), Deuxième édition. Ottawa, ON : ASPC; (accédé 2021-02-25; modifié 2021). <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/normes-lignes-directrices-canadiennes-biosecurite/deuxieme-edition.html>
5. Agence de la santé publique du Canada. Notification et déclaration en vertu de la LAPHT et du RAPHT au moyen du module de déclaration du Portail de biosûreté. Ottawa, ON : ASPC; (accédé 2021-03-10; modifié 2021). <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/normes-lignes-directrices-canadiennes-biosecurite/directrices/notification-declaration-loi-reglement-agents-pathogenes-humains-toxines.html>
6. Gouvernement du Canada. Loi sur les agents pathogènes humains et les toxines. L.C. 2009, ch. 24. Juin 23, 2009. <https://lois-laws.justice.gc.ca/fra/lois/h-5.67/TexteComple.html>
7. Bienek A, Heisz M, Su M. Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines au Canada en 2016. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2017;43(11):259–68. DOI
8. Pomerleau-Normandin D, Heisz M, Tanguay F. Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines au Canada en 2017. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2018;44(11):337–44. DOI
9. Choucraallah D, Sarmiento L, Ettles S, Tanguay F, Heisz M, Falardeau E. Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines : Canada 2018. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2019;45(9):268–76. DOI
10. Lien A, Abalos C, Atchessi N, Edjoc R, Heisz M. Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines, Canada 2019. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2020;46(9):329–36. DOI



11. Atchessi N, Striha M, Edjoc R, Thompson E, El Jaouhari M, Heisz M. Surveillance des expositions en laboratoire aux agents pathogènes humains et aux toxines, Canada 2020. Relevé des maladies transmissibles au Canada, en 2020;47(10):468–76. [DOI](#)

12. Ritterson R, Casagrande R. Basic Scholarship in Biosafety Is Critically Needed To Reduce Risk of Laboratory Accidents. *mSphere* 2017;2(2):e00010-17. [DOI](#)

Appendice

Tableau A1 : Définitions de l'activité principale

Activité principale	Description
Soins aux animaux	Activités telles que les soins quotidiens aux animaux et l'offre de traitement aux animaux
Autopsie ou nécropsie	Examens chirurgicaux post mortem à des fins telles que la détermination de la cause du décès ou l'évaluation de la maladie ou des blessures dans un but de recherche ou d'éducation
Culture cellulaire	Le processus de croissance des cellules dans des conditions contrôlées; il peut également s'agir de prélèvement de cellules d'un animal ou d'une plante
Éducation ou formation	Éducation ou formation des étudiants ou du personnel sur les techniques et procédures de laboratoire
Recherche animale <i>in vivo</i>	Expérimentation avec des animaux vivants non humains
Maintenance	Entretien, réparation ou nettoyage régulier et général de l'équipement et des installations
Microbiologie	Activités concernant la manipulation, l'isolement ou l'analyse de microorganismes dans leur état viable ou infectieux
Enquêtes moléculaires	Activités concernant la manipulation de matériel génétique à partir de microorganismes ou d'autres matières infectieuses en vue d'une analyse plus approfondie
Sérologie	Examen diagnostique ou étude scientifique des réactions immunologiques et des propriétés du sérum sanguin
Hématologie	Étude scientifique de la physiologie du sang

Tableau A2 : Définitions du type d'incident

Type d'incident	Description
Déversement	Toute libération involontaire d'un agent de son contenant
Perte de confinement	Comprend le mauvais fonctionnement ou le mauvais usage des dispositifs ou de l'équipement de confinement et d'autres types de défaillances qui entraînent le déversement de l'agent à l'extérieur de l'enceinte de confinement ou sa libération
Lié à un objet pointu et tranchant	Piqûre d'aiguille, coupure avec un scalpel, une lame ou un autre objet pointu ou tranchant (i.e. verre brisé)
Lié à un animal	Comprend les morsures ou griffures d'animaux, ainsi que d'autres incidents d'exposition résultant d'un comportement animal (i.e. déplacement d'un animal entraînant une piqûre d'aiguille)
Lié à un insecte	Comprend les morsures d'insectes
Lié à l'ÉPI	Comprend soit de l'ÉPI inadéquat pour l'activité ou une défaillance de l'ÉPI d'une certaine façon
Lié à l'équipement	Comprend la défaillance de l'équipement, le mauvais équipement pour l'activité ou le mauvais usage de l'équipement
Lié à la procédure	Comprend les cas où les procédures écrites n'ont pas été suivies, étaient inadéquates ou absentes, ou étaient incorrectes pour l'activité

Abréviation : ÉPI, équipement de protection individuelle



La logique circulaire et la modélisation imparfaite compromettent les conclusions de l'article sur les interventions non pharmaceutiques

Jennifer Grant^{1*}, Martha Fulford¹, Richard Schabas¹

Résumé

L'évaluation de la valeur des interventions non pharmaceutiques en réponse à la maladie à coronavirus 2019 est un exercice essentiel pour assurer une réponse optimale aux pandémies futures. Pour être crédibles, les évaluations doivent être impartiales et s'appuyer sur des données et des méthodologies solides. Malheureusement, l'évaluation d'Ogden *et al.* échoue à cet égard et complique davantage la question en s'appuyant sur des modèles avec des hypothèses sous-jacentes erronées, un raisonnement circulaire et une attribution inappropriée de la causalité. Ironiquement, au lieu d'appuyer l'argument en faveur des interventions non pharmaceutiques, les auteurs détournent leur argument en présentant des arguments peu convaincants appuyés par une mauvaise analyse.

Citation proposée : Grant JM, Fulford M, Schabas R. La logique circulaire et la modélisation imparfaite compromettent les conclusions de l'article sur les interventions non pharmaceutiques. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(10):541–4.

Mots-clés : modélisation, interventions non pharmaceutiques, COVID-19

Introduction

La réponse rapide du Canada à la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) était en grande partie fondée sur des interventions non pharmaceutiques, notamment les fermetures d'écoles et d'entreprises, les ordonnances de rester à la maison, les couvre-feux, les restrictions de voyage, le port du masque obligatoire dans les lieux publics et la quarantaine. Ces mesures étaient initialement fondées sur des données probantes limitées ou inexistantes (1,2). Elles ne faisaient pas partie des plans existants en cas de pandémie et, de plus, elles ne tenaient pas compte des principes fondamentaux de la planification en cas de pandémie visant à « minimiser les maladies graves et les décès globaux » et à « réduire au minimum les perturbations sociétales » (3). Les publications subséquentes évaluant les interventions non pharmaceutiques ont été de nature observationnelle et écologique, et il n'existe que très peu de données scientifiques de qualité à ce sujet. Les essais randomisés, randomisés en grappes ainsi que les études cas-témoins robustes qui ont été réalisés montrent que les effets de la plupart des interventions non pharmaceutiques sont faibles (4–6), tandis que des publications solides et de plus en plus nombreuses démontrent les effets indésirables contrebalancés de ces interventions (7–9). Il est d'une importance vitale que nous essayions d'évaluer l'efficacité et les coûts de chacune de ces interventions de façon objective, à partir de données réelles.

Malheureusement, l'article « Scénarios contrefactuels des effets de la vaccination et des mesures de santé publique sur les cas de COVID-19 au Canada : qu'est-ce qui aurait pu arriver? » par Ogden *et al.* (10) est superficielle, comporte de sérieuses lacunes et ne rend pas service à l'évaluation de ces questions importantes.

1. Confondre le taux de mortalité par cas avec le taux de mortalité par infection et les cas déclarés avec le nombre total d'infections

Le premier paragraphe affirme que le taux de mortalité par infection au début de la pandémie était de 1 %. Un taux de mortalité par infection de 1 % est une surestimation massive : les taux de mortalité par infection étaient d'environ 0,2 % (11–13) avant la vaccination, et le variant Omicron, moins virulent, a un taux de mortalité par infection estimé à 0,006 % (14). Au lieu de cela, le chiffre cité se rapproche davantage du taux de mortalité par cas. L'erreur résulte de la déclaration de 3,3 millions de cas (8 % de la population), alors qu'en fait, ce nombre est probablement plus près de 25 millions (60 % de la population) (15,16). Cela signifie que les auteurs n'étaient pas au courant de la distinction entre les taux de cas et les taux d'infection ou qu'ils les signalaient intentionnellement incorrectement. Quelle que soit la raison, cette erreur est préoccupante et elle aurait dû être corrigée avant la publication.

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



Affiliation

¹ Division des maladies infectieuses, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, BC

***Correspondance :**
jennifer.grant@vch.ca



2. Utilisation non critique de modèles mathématiques imparfaits et discrédités

Dans cet article, Ogden *et al.* utilisent un modèle (17) qui suppose l'efficacité des interventions non pharmaceutiques pour prouver qu'elles sont efficaces. Ce raisonnement circulaire à lui seul aurait dû disqualifier cet article à l'étape de l'examen par les pairs. Comme si ce n'était pas assez, les auteurs projettent « près d'un million de décès » au Canada, selon leur modèle. Non seulement ce taux serait 14 fois plus élevé que celui observé en Suède (18), mais il aurait également exigé un taux de mortalité par infection d'au moins 3 %, soit un ordre de grandeur supérieur aux estimations fondées sur des données probantes avant la vaccination (13).

3. Attribuer la causalité à la corrélation temporelle alors qu'elle correspond à son récit, mais en ignorant les corrélations temporelles qui ne correspondent pas

Un bref coup d'œil au graphique principal de l'article (figure 1) montre des flèches qui s'écartent de la verticale, avec des flèches explicatives décalées horizontalement, sans expliquer pourquoi la distance ou l'angle précis a été choisi. Il y a aussi des endroits où, malgré un changement évident de la rigueur, le nombre de cas augmente ou diminue, ou il n'y a pas de corrélation temporelle évidente entre la mesure et le changement dans les cas. Ces données ne sont pas scientifiquement valides sans une évaluation et une justification numériques solides.

4. Omission de tenir compte d'autres explications

Les taux de mortalité de la population en Colombie-Britannique étaient 2,5 fois inférieurs à ceux du Québec et inférieurs à ceux de la plupart des autres régions du pays, mais la Colombie-Britannique affichait une rigueur inférieure à celle de la plupart des provinces (19); les écoles étaient ouvertes à partir de juin 2020. En fait, les données sur la mortalité ne suivent généralement pas les indices de rigueur (6) et ont probablement des explications complexes comme la structure par âge (5), le taux d'obésité (20), la densité de la population (21) et la disparité économique (22).

5. Choisir des comparateurs inappropriés

Les auteurs ont choisi de présenter des pays particuliers, soit deux îles isolées (la Nouvelle-Zélande et l'Australie) et un pays sans frontières terrestres fonctionnelles (la Corée du Sud), dont les résultats ont été favorables au début de la pandémie. Toutefois, des différences culturelles, génétiques, géographiques et sociales importantes peuvent également expliquer les répercussions plus faibles au début de la pandémie. Les auteurs oublient aussi (ce qui semble avantager leur point de vue) que

ces pays ont par la suite connu des épidémies massives avec la vague d'Omicron. En fait, l'impact important de la vague d'Omicron sur les pays riverains du Pacifique suggère que des facteurs autres que les choix sociaux ont joué un rôle.

6. Aucune prise en compte des coûts à court et à long terme des interventions

Même si elles sont jugées efficaces pour prévenir la maladie, une évaluation honnête de l'impact des interventions non pharmaceutiques doit également tenir compte de leurs coûts. Le Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique a fait le suivi de certains de ces impacts, notamment l'isolement social extrême des aînés, qui aggrave leur santé mentale et physique (23). Par exemple, il y a eu une augmentation des chutes, qui sont liées à une augmentation de la mortalité (24). Un autre exemple est l'augmentation marquée de la toxicomanie chez les jeunes, de sorte que les surdoses étaient une cause de décès beaucoup plus importante dans ce groupe que la COVID-19 (25). Le rapport de Statistique Canada sur la mortalité (26) fait également état d'une augmentation des décès non liés à la COVID-19 chez les Canadiens de moins de 45 ans. Nous commençons à peine à comprendre l'impact des retards dans le diagnostic du cancer et son effet sur la mortalité (27).

7. Défaut de divulguer des conflits d'intérêts importants

Les auteurs de cet article ne révèlent aucun intérêt concurrent; cependant, deux d'entre eux sont des scientifiques principaux de l'Agence de la santé publique du Canada (l'un d'eux est l'administrateur en chef de la santé publique du Canada) et quatre travaillent directement pour le gouvernement fédéral. En tant que chefs de file clés responsables de la prise de décisions, on peut difficilement considérer qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents dans l'évaluation favorable de la gestion de la pandémie.

Conclusion

Le Canada et le monde ont besoin d'une analyse rigoureuse de l'efficacité et des coûts des interventions non pharmaceutiques utilisées pour tenter de contrôler le nombre de cas de COVID-19. Cette analyse doit être objective et fondée sur des ensembles de données complets. Malheureusement, l'omission de cet article d'utiliser des données réelles, d'appliquer la rigueur scientifique et de considérer objectivement d'autres hypothèses doit le discréditer. Le Relevé des maladies transmissibles au Canada n'aurait pas dû accepter ou publier cette étude en raison de son manque de valeur scientifique et de son conflit d'intérêts évident.



Déclaration des auteurs

Tous les auteurs ont contribué à parts égales.

Intérêts concurrents

La Dre Grant a été rémunérée pour son témoignage d'expert sur la COVID-19.

Financement

Aucun.

Références

- Smith SMS, Sonogo S, Wallen GR, Waterer G, Cheng AC, Thompson P. Use of non-pharmaceutical interventions to reduce the transmission of influenza in adults: A systematic review, *Respirology* 2015;20(6):896–903. DOI
- Jefferson T, Del Mar CB, Dooley L, Ferroni E, Al-Ansary LA, Bawazeer GA, van Driel ML, Jones MA, Thorning S, Beller EM, Clark J, Hoffmann TC, Glasziou PP, Conly JM. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses, *Cochrane Database Syst Rev* 2020;11(11):CD006207. DOI
- World Health Organization. Non-pharmaceutical public health measures for mitigating the risk and impact of epidemic and pandemic influenza. Geneva, CH: WHO; 2019. <https://www.who.int/publications/i/item/non-pharmaceutical-public-health-measures-for-mitigating-the-risk-and-impact-of-epidemic-and-pandemic-influenza>
- Budgaard H, Bundgaard JS, Raaschou-Pedersen DET, von Buchwald C, Todsén T, Norsk JB, Pries-Heje MM, Vissing CR, Nielsen PB, Winsløw UC, Fogh K, Hasselbalch R, Kristensen JH, Ringgaard A, Porsborg Andersen M, Goecke NB, Trebbien R, Skovgaard K, Benfield T, Ullum H, Torp-Pedersen C, Iversen K. Effectiveness of Adding a Mask Recommendation to Other Public Health Measures to Prevent SARS-CoV-2 Infection in Danish Mask Wearers, A Randomized Controlled Trial. *Ann Int Med* 2021;174(3): 335–43. DOI
- Mader S, Ruttenauer T. The effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 mortality: A generalized synthetic control approach across 169 countries. *Front Public Health* 2022;10:820642. DOI
- Vickers DM, Baral S, Mishra S, Kwong JC, Sundaram M, Katz A, Calzavara A, Maheu-Giroux M, Buckeridge DL, Williamson T. Stringency of containment and closures on the growth of SARS-CoV-2 in Canada prior to accelerated vaccine roll-out. *Int J Infect Dis* 2022;118:73–82. DOI
- Schirmer CM, Ringer AJ, Arthur AS, Binning MJ, Fox WC, James RF, Levitt MR, Tawk RG, Veznedaroglu E, Walker M, Spiotta AM; Endovascular Research Group (ENRG). Delayed presentation of acute ischemic strokes during the COVID-19 crisis. *J Neurointerv Surg* 2020;12(7):639–42. DOI
- Wu J, Mamas MA, Mohamed MO, Kwok CS, Roebuck C, Humberstone B, Denwood T, Luescher T, de Belder MA, Deanfield JE, Gale CP. Place and causes of acute cardiovascular mortality during the COVID-19 pandemic. *Heart* 2021;107:113–19. DOI
- BC Centre for Disease Control and BC Children's Hospital. Impact of School Closures on Learning, Child and Family Well-Being During the COVID-19 Pandemic. Vancouver, BC; BCCDC; 2020. http://www.bccdc.ca/Health-Info-Site/Documents/Public_health_COVID-19_reports/Impact_School_Closures_COVID-19.pdf
- Ogden NH, Turgeon P, Fazil A, Clark J, Gabriele-Rivet V, Tam T, Ng V. Scénarios contrefactuels des effets de la vaccination et des mesures de santé publique sur les cas de COVID-19 au Canada : qu'est-ce qui aurait pu arriver? Relevé des maladies transmissibles au Canada 2022;48(7/8):322–33. DOI
- Ioannidis JPA. Infection fatality rate of COVID-19 inferred from seroprevalence data. *Bull World Health Organ* 2021;99(1):19–33F. DOI
- COVID-19 Forecasting Team. Variation in the COVID-19 infection–fatality ratio by age, time, and geography during the pre-vaccine era: a systematic analysis. *Lancet* 2022;399(10334):1469–88. DOI
- Kaspersen KA, Hindhede L, Boldesen JK, Mikkelsen S, Vestergaard LS, Berthelsen AN, Moustsen-Helms IR, Holm DK, Nilsson AC, Sækmose SG, Sørensen E, Harritshøj LH, Aagaard B, Hjalgrim H, Lillevang ST, Jørgensen CS, Krause TG, Ullum H, Pedersen OBV, Ostrowski SR, Erikstrup C. Estimation of SARS-CoV-2 Infection Fatality Rate by Age and Comorbidity Status Using Antibody Screening of Blood Donors During the COVID-19 Epidemic in Denmark. *J Infect Dis* 2022;225(2):219–28. DOI
- Erikstrup C, Laksafoss AD, Gladov J, Kaspersen KA, Mikkelsen S, Hindhede L, Boldesen JK, Jørgensen SW, Ethelberg S, Holm DK, Bruun MT, Nissen J, Schwinn M, Brodersen T, Mikkelsen C, Sækmose SG, Sørensen E, Harritshøj LH, Aagaard B, Dinh KM, Busch MP, Jørgensen CS, Krause TG, Ullum H, Ostrowski SR, Espenhain L, Pedersen OBV. Seroprevalence and infection fatality rate of the SARS-CoV-2 Omicron variant in Denmark: A nationwide serosurveillance study. *Lancet Reg Health Eur* 2022;21:100479. DOI



15. Skowronski DM, Kaweski SE, Ivine MA, Kim S, Chuang ESY, Sabaiduc S, Fraser M, Reyes RC, Henry B, Levett PN, Petric M, Krajden M, Sekirov I. Serial cross-sectional estimation of vaccine and infection-induced SARS-CoV-2 sero-prevalence in children and adults, British Columbia, Canada: March 2020 to August 2022. medRxiv 2022.09.09.22279751. DOI
16. COVID-19 Immunity Task Force. Seroprevalence against SARS-CoV-2 due to infection in Canada CITF; July 5, 2022. (accédé 2022-09-16). https://www.covid19immunitytaskforce.ca/wp-content/uploads/2022/07/CITF_Bespoke-report_Omicron-tsunami_2022_FINAL_ENG.pdf
17. Ioannidis JPA, Cripps S, Tanner MA. Forecasting for COVID-19 has failed. Int J Forecasting 2022;38(2):423–38. DOI
18. Worldometer, Reported Cases and Deaths by Country or Territory. (accédé 2022-09-15). <https://www.worldometers.info/coronavirus/>
19. Bank of Canada. The Bank of Canada COVID-19 stringency index: measuring policy response across provinces, Bank of Canada. Staff analytical note 2021-1. (accédé 2022-09-15). <https://www.bankofcanada.ca/2021/02/staff-analytical-note-2021-1/>
20. Gardiner J, Oben J, Sutcliffe A. Obesity as a driver of international differences in COVID-19 death rates. Diabetes Obes Metab 2021;23(7):1463–70. DOI
21. Chaudhry R, Dranitsaris G, Mubashir T, Bartoszko J, Riazi S. A country level analysis measuring the impact of government actions, country preparedness and socioeconomic factors on COVID-19 mortality and related health outcomes, eClinicalMedicine 2020;25:100464. DOI
22. Bray I, Gibson A, White J. Coronavirus disease 2019 mortality: a multivariate ecological analysis in relation to ethnicity, population density, obesity, deprivation and pollution. Public Health 2020;185:261–3. DOI
23. Office of the Provincial Health Officer and BC Centre for Disease Control. Examining the Societal Consequences of the COVID-19 Pandemic: Social Isolation of Residents in Long-term Care & Assisted Living. Vancouver, BC: BCCDC; July 26, 2021. (accédé 2022-09-15). http://www.bccdc.ca/Health-Professionals-Site/Documents/societal_consequences/Social_Isolation_LTC.pdf
24. Spaniolas K, Cheng JD, Gestring ML, Sangosanya A, Stassen NA, Bankey PE. Ground Level Falls Are Associated With Significant Mortality in Elderly Patients. J Trauma 2010;69(4):821–5. DOI
25. BC Centre for Disease Control. Examining the Societal Consequences of the COVID-19 Pandemic – Increased Overdose Harms and Deaths. Vancouver, BC: BCCDC; July 15, 2021. (accédé 2022-09-15). http://www.bccdc.ca/Health-Professionals-Site/Documents/societal_consequences/Increased-Overdoses.pdf
26. Statistique Canada. Nombre provisoire de décès et surmortalité, janvier 2020 à juin 2021. Ottawa, ON : StatCan; sept 9, 2021. (accédé 2022-09-15). <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/210909/dq210909b-fra.htm>
27. Wilkinson AN. Mitigating COVID-19's impact on missed and delayed cancer diagnoses. Can Fam Physician 2022;68:323–4. DOI

Réponse du rédacteur scientifique en chef

Dans cette « Lettre à la rédaction », Grant *et al.* prétendent qu'un « Défaut de divulguer des conflits d'intérêts importants » en ce sens que les auteurs de l'article ne divulguent aucun intérêt concurrent lorsque de tels intérêts semblent être présents.

Dans le cadre du processus de rédaction, chaque auteur et coauteur doit soumettre le Formulaire de divulgation des conflits d'intérêts potentiels de l'International Committee of Medical Journal Editors. Si un auteur ne respecte pas cette règle, son nom est retiré de la liste des auteurs et il est inscrit dans la section « Remerciements » à la fin de l'article. Pour cet article, les sept auteurs ont fourni leur déclaration et aucun d'entre eux n'avait d'activités financières pertinentes en dehors des travaux soumis, de brevets, qu'ils soient planifiés, en instance ou délivrés, qui étaient largement pertinents pour les travaux, et aucune autre relation, conditions, circonstances qui présentent un conflit d'intérêts potentiel autre que d'être des employés de l'Agence de la santé publique du Canada.

En ce qui concerne le commentaire de Grant *et al.* « Le Relevé des maladies transmissibles au Canada n'aurait pas dû accepter ou publier cette étude en raison de son manque de valeur scientifique et de son conflit d'intérêts évident. », la revue assure la rigueur scientifique au moyen d'un processus d'examen à double insu et, pour cet article en particulier, deux examinateurs d'établissements universitaires distincts ont formulé leurs commentaires. Aucun des examinateurs n'a recommandé que cette étude ne soit pas publiée.

RMTC

RELEVÉ DES MALADIES TRANSMISSIBLES AU CANADA

Agence de la santé publique du Canada
130, chemin Colonnade
Indice de l'adresse 6503A
Ottawa (Ontario) K1A 0K9
ccdr-rmtc@phac-aspc.gc.ca

Promouvoir et protéger la santé des Canadiens au moyen du leadership, de partenariats, de l'innovation et de la prise de mesures dans le domaine de la santé publique.

Agence de la santé publique du Canada
Publication autorisée par la ministre de la Santé.

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

On peut aussi consulter cette publication en ligne :
<https://www.canada.ca/rmtc>

Also available in English under the title:
Canada Communicable Disease Report