



## INNOVATIONS DANS LA SURVEILLANCE EN SANTÉ PUBLIQUE

### APERÇU

Nouvelle utilisation des données et des méthodes d'analyse

104

### ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Pandémie de COVID-19 sur les voyages aériens à l'arrivée au Canada

120

### SURVEILLANCE

Microbiologie des bactériémies

128

# 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 publiée 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, Dt.P., MSc, PhD

#### Éditeurs scientifiques adjoints

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

#### Gestionnaire de la rédaction (intérimaire)

Laura Rojas Higuera, (H) BA Psy (c)

#### Responsable de la production et de la conception graphique

Katy Keeler, BA (Hon.)

#### Révisseur-rédactrice, langue française

Pascale Salvatore, BA (Trad.)

#### Gestionnaire de contenu Web

Albina Peled, BSc

#### Révisseurs

Caroline Ethier  
Anton Holland  
Laura Stewart-Davis, PhD

#### Rédacteur en chef adjoint

Jocelyn Lee, HBSc, MPH

#### Conseillères en communications

Maya Bugorski, BA, BSocSc, MC

#### Conseillère en matière des Premières Nations et des Autochtones

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

#### Rédactrices juniors

Siham Hassan, HBHs (c)  
Daisy Liu, HBSc (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](mailto:ccdr-rmtc@phac-aspc.gc.ca)  
613.301.9930

#### Référence photographique

Les photos de couverture représentent l'utilisation de la technologie moderne dans la santé. Les images proviennent d'Adobe Stock #564926386 et #582232146.

### 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



# INNOVATIONS DANS LA SURVEILLANCE EN SANTÉ PUBLIQUE



## TABLE DES MATIÈRES

### COMMUNICATION RAPIDE

Résumé de la mise à jour des directives du Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI) sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse

96

*W Siu, A Sinilaite, J Papenburg au nom du Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI)*

### APERÇU

Innovations dans la surveillance de la santé publique : un aperçu de l'utilisation novatrice des données et des méthodes d'analyse

104

*H Rilkoﬀ, S Struck, C Ziegler, L Faye, D Paquette, D Buckeridge*

### COMMENTAIRE

Commentaire sur l'adoption d'une approche fondée sur les tests ou sur les syndromes pour la déclaration et la gestion des éclosions en milieu hospitalier et institutionnel

115

*P Galange, R Mather, B Yaffe, M Whelan, M Murti*

### ÉTUDE ÉPIDÉMIOLOGIQUE

Impact de la pandémie de COVID-19 sur les voyages aériens à destination du Canada

120

*V Gabriele-Rivet, E Rees, A Rahman, RM Milwid*

### SURVEILLANCE

Microbiologie des infections sanguines en Ontario, au Canada pendant la pandémie de COVID-19

128

*MR Hasan, YM Vincent, D Leto, H Almohri*



# Résumé de la mise à jour des directives du Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI) sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse

Winnie Siu<sup>1,2</sup>, Angela Sinilaite<sup>1</sup>, Jesse Papenburg<sup>3,4,5,6</sup> au nom du Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI)\*

## Résumé

**Contexte :** La grippe saisonnière peut entraîner des complications graves et des conséquences néfastes, en particulier pour les personnes enceintes, le fœtus en développement et les nourrissons de moins de six mois. Cette déclaration complémentaire fournit un résumé des preuves de l'innocuité et de l'efficacité réelle de la vaccination antigrippale chez les personnes enceintes, ainsi que des avantages et des risques pour la personne enceinte, le fœtus en développement et les nourrissons âgés de moins de six mois.

**Méthodes :** Une revue systématique a été réalisée sur l'efficacité réelle et l'innocuité de la vaccination antigrippale pendant la grossesse. Le Comité consultatif national sur la vaccination (CCNI) a utilisé le processus fondé sur des données probantes pour évaluer la qualité des études admissibles, résumer et analyser les résultats, et appliquer une optique d'éthique, d'équité, de faisabilité et d'acceptabilité pour élaborer des recommandations.

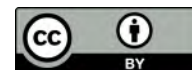
**Résultats :** Les données disponibles suggèrent que la vaccination antigrippale pendant la grossesse est efficace pour réduire le risque d'infection grippale confirmée en laboratoire et d'hospitalisation chez les personnes enceintes et leurs nourrissons jusqu'à six mois après l'accouchement. Les données disponibles suggèrent également que la vaccination antigrippale pendant la grossesse n'augmente pas le risque d'effets indésirables graves non obstétricaux chez les personnes enceintes, de décès infantile, d'avortement spontané, de mortinaissance, de naissance prématurée, de naissance d'un enfant petit pour l'âge gestationnel, de faible poids de naissance et d'anomalies congénitales.

**Conclusion :** Sur la base de cet ensemble de preuves, le CCNI réaffirme la sécurité et l'importance de la vaccination antigrippale pendant la grossesse. Le CCNI recommande que les personnes, quel que soit le stade de la grossesse, reçoivent un vaccin antigrippal inactivé sans adjuvant ou recombinant adapté à leur âge chaque saison grippale. La vaccination antigrippale peut être administrée en même temps ou à tout moment avant ou après l'administration d'un autre vaccin, y compris le vaccin contre la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) ou le vaccin contre la coqueluche.

**Citation proposée :** Sinilaite A, Siu W, Papenburg J, au nom du Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI). Résumé de la mise à jour des directives du Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI) sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2024;50(3/4):96–103. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v50i34a01f>

**Mots-clés :** Comité consultatif national de l'immunisation, CCNI, grippe, vaccination antigrippale, grossesse, directives

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



## Affiliations

<sup>1</sup> Centre des programmes d'immunisation, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON

<sup>2</sup> École d'épidémiologie et de santé publique, Département de médecine, Université d'Ottawa, Ottawa, ON

<sup>3</sup> Président du groupe de travail sur la grippe du CCNI

<sup>4</sup> Service des maladies infectieuses pédiatriques, département de pédiatrie, Hôpital de Montréal pour enfants du Centre universitaire de santé McGill, Montréal, QC

<sup>5</sup> Service de microbiologie, département de médecine de laboratoire clinique, OPTILAB Montréal – Centre universitaire de santé McGill, Montréal, QC

<sup>6</sup> Département d'épidémiologie, de biostatistique et de santé au travail, École de santé des populations et de santé mondiale, Université McGill, Montréal, QC

## \*Correspondance :

[naci-ccni@phac-aspc.gc.ca](mailto:naci-ccni@phac-aspc.gc.ca)





## Introduction

Les personnes enceintes présentent un risque accru de contracter une grippe sévère et les complications qui en découlent, telles que la pneumonie, l'hospitalisation et le décès, que les personnes qui ne sont pas enceintes, en raison des modifications anatomiques, immunitaires et cardiovasculaires liées à la grossesse (1–3). L'infection grippale pendant la grossesse peut également avoir un impact sur le développement du fœtus et augmenter le risque d'avortement spontané (AS) en fin de grossesse, de mortinaissance, d'accouchement prématuré et de faible poids à la naissance (3,4). En outre, les nourrissons de moins de six mois sont également exposés à un risque élevé de maladie grippale sévère et de complications, mais ils sont trop jeunes pour être admissibles à la vaccination antigrippale; toutefois, le transfert passif d'anticorps provenant de la vaccination antigrippale pendant la grossesse peut protéger les nouveau-nés au cours de leurs premiers mois de vie. C'est pourquoi le Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI) a identifié les personnes enceintes comme un groupe à haut risque pour lequel la vaccination antigrippale est particulièrement importante. Il recommande vivement aux personnes enceintes de se faire vacciner contre la grippe afin de les protéger, ainsi que leurs nourrissons, contre une maladie sévère. Bien que les personnes enceintes soient prioritaires pour recevoir le vaccin antigrippal, le taux de vaccination reste inférieur à celui des personnes qui ne sont pas enceintes.

La littérature continue d'être publiée sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse, et le CCNI a saisi cette occasion pour réexaminer la sécurité, l'efficacité réelle et l'efficacité potentielle des vaccins antigrippaux pendant la grossesse. Le document du CCNI intitulé *Directives mises à jour sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse* (5) vise à synthétiser les principales informations et données probantes afin d'aider les programmes de vaccination provinciaux et territoriaux et les vaccinoteurs de première ligne à offrir le vaccin antigrippal aux personnes enceintes. Cette déclaration complète les recommandations générales du CCNI en matière de vaccination contre la grippe, qui figurent dans la *Déclaration sur la vaccination antigrippale pour la saison 2023–2024* du CCNI (6).

## Méthodes

La question politique abordée dans cette déclaration est la suivante : les personnes enceintes, quel que soit le stade de leur grossesse, doivent-elles continuer à figurer sur la liste des personnes à qui il est particulièrement recommandé de se faire vacciner contre la grippe? Pour répondre à cette question, une revue systématique *de novo* a été réalisée afin de rassembler des preuves pour étayer les recommandations du CCNI concernant l'utilisation des vaccins antigrippaux pendant la grossesse. La méthodologie a été précisée *a priori* dans un protocole publié (7). Pour une description complète des méthodes d'examen, y compris des détails sur l'admissibilité des études, la recherche

documentaire, la sélection des études, la collecte des données et les méthodes statistiques, veuillez consulter Wolfe *et al.* (7). Le protocole de la revue et la synthèse des connaissances ont été élaborés et réalisés en collaboration avec le Methods and Applications Group for Indirect Comparisons par l'intermédiaire du Réseau sur l'innocuité et l'efficacité des médicaments (RIEM) et supervisés par le Groupe de travail sur l'influenza du CCNI. Une mise à jour de la recherche documentaire a été effectuée par le secrétariat du CCNI en collaboration avec un bibliothécaire de la bibliothèque de Santé Canada et de l'Agence de la santé publique du Canada (l'Agence). Les méthodes liées à la mise à jour de la revue effectuée par le secrétariat du CCNI figurent à l'annexe A de la déclaration complémentaire. Une analyse économique de la santé n'a pas été réalisée, car elle n'a pas été jugée nécessaire pour cette déclaration. Outre l'évaluation critique des données sur le fardeau de la maladie et les caractéristiques des vaccins telles que la sécurité, l'efficacité potentielle, l'immunogénicité et l'efficacité réelle, le CCNI a appliqué le cadre d'éthique, d'équité, de faisabilité et d'acceptabilité (EEFA) et les outils connexes fondés sur des données probantes (filtres intégrés d'éthique, matrice d'équité, matrice de faisabilité, matrice d'acceptabilité) afin de prendre systématiquement en compte ces facteurs programmatiques pour l'élaboration des recommandations (8). Le processus du CCNI fondé sur les preuves a été utilisé pour évaluer les preuves disponibles et élaborer des recommandations actualisées.

## Résultats

### Efficacité potentielle/efficacité réelle des vaccins

La revue systématique du RIEM a évalué l'effet de la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse sur les infections grippales et les hospitalisations chez les personnes enceintes et/ou leurs nourrissons en se fondant sur les résultats de quatre essais contrôlés randomisés (ECR) (9–12) et de deux études observationnelles (13,14). D'autres études observationnelles ( $n = 6$ ) ont été identifiées à partir de la mise à jour de la recherche bibliographique, faisant état de données sur l'efficacité du vaccin antigrippal chez les personnes enceintes et/ou leurs nourrissons jusqu'à l'âge de six mois (15–20).

### Avantages pour la personne enceinte : efficacité potentielle/efficacité réelle des vaccins

Dans l'ensemble, quatre études ont rapporté des données sur la grippe confirmée en laboratoire (GCL) et trois ont rapporté des données sur l'hospitalisation attribuable à une infection grippale confirmée en laboratoire pendant la grossesse ou jusqu'à six mois après l'accouchement.



Une méta-analyse des trois ECR a suggéré que la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse réduit le risque d'infection par la GCL chez les personnes enceintes avant l'accouchement et jusqu'à six mois après l'accouchement (efficacité vaccinale [EV] regroupée = 50 %; IC à 95 % : 22–68,  $I^2 = 49$  %). Une étude de cohorte prospective menée pendant la saison grippale 2019–2020 en Grèce a également mis en évidence un effet protecteur du vaccin saisonnier VII4 (vaccin antigrippal inactivé quadrivalent, VII) contre la GCL chez les personnes enceintes (efficacité vaccinale ajustée [EVa] = 44 %; IC à 95 % : 28–56) (9,19).

Une méta-analyse de deux études à tests négatifs suggère que la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse réduit le risque d'hospitalisation attribuable à la GCL chez les personnes enceintes avant l'accouchement et jusqu'à 42 jours après l'accouchement (EVa regroupée = 42 %, IC à 95 % : 19–58,  $I^2 = 0$  %).

Une étude de cohorte prospective a fait état d'une efficacité vaccinale de 38 % (IC à 95 % : 14–55) contre l'hospitalisation attribuable à la GCL pendant la grossesse ou jusqu'à deux jours après l'accouchement (17).

### Avantages pour le nourrisson : efficacité potentielle/efficacité réelle des vaccins

Dans l'ensemble, sept études ont rapporté des données sur l'efficacité de la vaccination antigrippale pendant la grossesse sur l'infection par la GCL chez le nourrisson et cinq études ont rapporté des données sur l'hospitalisation due à l'infection par la GCL chez les nourrissons jusqu'à l'âge de six mois.

Une méta-analyse des quatre ECR a démontré un effet protecteur de la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse contre la GCL chez les nourrissons jusqu'à l'âge de six mois (EV groupée = 37 % IC à 95 % : 22–49,  $I^2 = 0$  %) (9,11,12,21). Les résultats des ECR suggèrent que l'effet le plus important de la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse contre l'infection par la GCL chez les nourrissons a été constaté entre la naissance et l'âge de deux mois (VE regroupée<sub>0 à < 2 mois</sub> = 61 %; IC à 95 % : 17–81,  $I^2 = 40$  %), puis l'effet protecteur de la vaccination pendant la grossesse s'estompe à mesure que l'âge du nourrisson augmentait (EV groupée<sub>2 à < 4 mois</sub> = 42 %; IC à 95 % : –13–70,  $I^2 = 60$  %, et EV groupée<sub>4 à < 6 mois</sub> = 24 %; IC à 95 % : –3–44,  $I^2 = 0$  %).

Une méta-analyse des trois études de cohorte a démontré un effet protecteur de la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse contre la GCL chez les nourrissons âgés de six mois ou moins (EVa regroupée = 41 %, IC à 95 % : 23–55,  $I^2 = 17$  %) (15,18,19).

Une méta-analyse des trois études à test négatif a démontré un effet protecteur de la vaccination contre la grippe saisonnière

pendant la grossesse contre l'hospitalisation due à une infection par la GCL chez les nourrissons jusqu'à l'âge de six mois (EVa regroupée = 42 %; IC à 95 % : 16–59,  $I^2 = 71$  %) (14,16,20). Deux études de cohorte ont rapporté des données sur l'hospitalisation attribuable à une GCL chez les nourrissons âgés de six mois ou moins, mais une seule a démontré un effet protecteur significatif de la vaccination antigrippale pendant la grossesse (EVa = 62 %, IC à 95 % : 9–84 (18), et 21 %; IC à 95 % : –18–47) (9,19).

### Innocuité des vaccins

La revue systématique du RIEM sur la sécurité de la vaccination antigrippale pendant la grossesse a évalué les effets indésirables graves (EIG) non obstétricaux chez les personnes enceintes liés à l'administration du vaccin contre la grippe saisonnière pendant la grossesse à partir des résultats de trois essais cliniques randomisés et de trois études de cohorte. En outre, la revue systématique comprenait quatre essais contrôlés randomisés et 24 études observationnelles, dont 20 études de cohorte et quatre études cas-témoins, portant sur d'autres résultats liés à la sécurité et/ou à la grossesse/à l'accouchement (décès du nourrisson, avortement spontané, mortinaissance, naissance prématurée, naissance d'un enfant petit pour l'âge gestationnel, faible poids de naissance et anomalies congénitales). Onze études observationnelles supplémentaires ont été ciblées à partir de la mise à jour de la recherche bibliographique.

### Effets néfastes pour la personne enceinte

Deux essais contrôlés randomisés ont évalué le risque de réactions systémiques sévères dans les sept jours suivant la vaccination contre la grippe saisonnière chez les personnes enceintes. Aucune différence significative dans la fréquence des réactions systémiques sévères dans les sept jours suivant la vaccination contre la grippe saisonnière n'a été observée dans chaque étude (RR 1,35, IC à 95 % : 0,78–2,34 (10), et RR 4,95; IC à 95 % : 0,24–102,95) (9,11). Les études n'ont révélé aucune différence dans l'occurrence d'EI graves non obstétricaux, aucun EI lié à la vaccination ou aucun EI grave. Enfin, une étude de cohorte et une série de cas ont rapporté des données sur le syndrome de Guillain-Barré (SGB) après la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse. L'étude de cohorte n'a identifié aucun cas de SGB dans les 42 jours suivant l'intervention chez 75 906 personnes enceintes vaccinées et un cas chez 147 992 personnes enceintes non vaccinées aux États-Unis (RR 0,65; IC à 95 % : 0,03–15,95) (9,19). La série de cas identifiée à partir de la mise à jour de la recherche bibliographique fait état d'un cas (n = 239) de SGB survenu cinq jours après l'administration du VII4 au cours du troisième trimestre de la grossesse chez une femme de 29 ans. La femme a donné naissance à un bébé en bonne santé pendant sa convalescence et s'est complètement rétablie (23).

### Effets néfastes pour le nourrisson

Quatre ECR ont comparé l'effet de la vaccination contre la grippe saisonnière à un placebo (n = 2) (9,10) ou à des comparateurs actifs (n = 2; vaccin quadrivalent contre le



méningocoque (11) ou vaccin pneumococcique 23-valent (12)) pendant la grossesse sur la mortalité infantile jusqu'à l'âge de six mois. Tous les ECR ont été menés dans des pays à revenu faible ou moyen, et le risque de mortalité infantile dans le groupe témoin était compris entre 1,1 % et 2,8 %. Une méta-analyse de ces ECR n'a pas démontré de lien entre la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse et la mortalité infantile (RR regroupé = 1,14 %, IC à 95 % : 0,86–1,50,  $I^2 = 9$  %). En outre, aucune mortalité infantile n'a été signalée dans le cadre d'une étude de cohorte prospective menée au Japon parmi les nourrissons âgés de zéro à six mois ayant reçu un diagnostic de fièvre, nés de personnes enceintes vaccinées ou non ( $n = 0/36$  VII et  $n = 0/47$  non vaccinées) (24).

Trois études de cohorte et trois études observationnelles ont évalué l'effet du VII pendant la grossesse sur les AS à moins de 20 et 22 semaines d'âge gestationnel. Deux études de cohortes prospectives ont été incluses dans une méta-analyse et aucune association entre le VII et les AS n'a été mise en évidence (rapport de risque global de 0,77; IC à 95 % : 0,31–1,89,  $I^2 = 38$  %) (25,26). Une troisième étude de cohorte prospective a révélé le même risque d'AS à moins de 22 semaines de gestation (0,4 %) chez les personnes enceintes non vaccinées et vaccinées (vaccination au premier trimestre) (27).

Deux études cas-témoins rétrospectives menées par le même groupe de chercheurs aux États-Unis ont évalué l'association entre l'AS et la vaccination dans les 28 jours précédant l'AS. La première étude a été menée sur deux saisons grippales consécutives après la pandémie de grippe H1N1 de 2009 (28). Les auteurs ont observé un risque accru d'AS à la suite du VII uniquement lors de la première saison postpandémique (rapport des cotes ajusté [RCa] de 2010–2011 = 3,70, IC à 95 % : 1,40–9,40) mais non lors de la seconde (RCa de 2011–2012 = 1,40; IC à 95 % : 0,60–3,30). Des analyses *a posteriori* des données de 2010–2011 ont révélé que les personnes qui avaient déjà été vaccinées au cours de la saison 2009–2010 avec le vaccin pandémique H1N1 présentaient un risque accru d'AS à la suite du VII au cours de la saison 2010–2011, ce qui n'a pas été observé chez les personnes qui n'avaient pas été vaccinées avec le vaccin pandémique H1N1 en 2009–2010, mais qui avaient été vaccinées avec le VII en 2010–2011.

La seconde étude, menée sur trois saisons grippales consécutives (2012–2013, 2013–2014 et 2014–2015) par Donahue *et al.*, visait à confirmer l'association observée entre l'AS et les antécédents de vaccination antigrippale (29). Aucun lien n'a été trouvé entre la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse et l'AS dans les 28 jours suivant la vaccination (RCa = 0,80, IC à 95 % : 0,60–1,10), y compris parmi les personnes vaccinées au cours de la saison précédente. Les auteurs affirment que l'association entre la vaccination au cours de la saison précédente constatée dans l'étude initiale peut avoir été un résultat erroné attribuable à des facteurs de confusion résiduels ou à une erreur aléatoire, ou qu'elle peut avoir été

attribuable à des différences dans les périodes de temps des deux études. Une étude de cohorte identifiée dans le cadre de la recherche documentaire actualisée et menée aux États-Unis au cours des saisons grippales 2008–2009 à 2013–2014 n'a pas établi de lien entre les antécédents de vaccination contre la grippe pandémique H1N1 et l'AS dans les 28 jours suivant la vaccination (rapport de risque ajusté [RRa] = 1,19; IC à 95 % : 0,97–1,46) (9,19).

Trois autres études de cohorte à bras unique (31–33) et une série de cas (23), identifiées lors de la mise à jour de la recherche bibliographique, ont rapporté des données sur l'AS chez des personnes vaccinées avec le VII au cours de la grossesse. Dans l'ensemble, les trois études de cohortes à bras unique et l'étude de la série de cas n'ont mis en évidence aucun signal de sécurité chez les personnes enceintes exposées au VII.

Aucun problème de sécurité n'a été identifié concernant l'administration de vaccins contre la grippe saisonnière pendant la grossesse, en ce qui concerne d'autres issues indésirables à la naissance, y compris la mortinaissance (18–22 semaines de gestation ou au moins 500 g), la prématurité, naissance d'un enfant petit pour l'âge gestationnel et les anomalies congénitales identifiées à la naissance ou jusqu'à l'âge de six mois. Les données probantes proviennent à la fois d'essais contrôlés randomisés et d'études observationnelles, y compris des études cas-témoins et des études de cohorte.

### Considérations relatives à l'éthique, à l'équité, à la faisabilité et à l'acceptabilité

Aucune question importante en matière d'éthique ou d'équité n'a été soulevée. Des recommandations autorisant la vaccination à tous les stades de la grossesse réduiraient les obstacles à la faisabilité des programmes de vaccination. Le faible taux de vaccination chez les personnes enceintes a été partiellement attribué à l'hésitation vaccinale, qui est complexe et multidimensionnelle et peut être influencée par des facteurs individuels, logistiques, culturels et sociologiques. La recommandation d'un prestataire de soins de santé est le facteur le plus important dans la décision de se faire vacciner. Il est donc important de s'assurer que les prestataires sont bien informés des données les plus récentes et qu'ils peuvent communiquer l'importance de la vaccination contre la grippe saisonnière pendant la grossesse afin d'améliorer l'adoption du vaccin.

### Recommandations

**1. Le CCNI recommande de proposer le vaccin antigrippal aux personnes enceintes. Les produits recommandés sont les suivants : VII-SD, VII-cc et VAR. (Forte recommandation du CCNI)**



- Aucun signalement en matière d'innocuité n'a été identifié concernant l'utilisation du VAR pendant la grossesse, bien que les données cliniques publiées soient limitées.
- Aucun signalement en matière d'innocuité n'a été identifié concernant l'utilisation du VVAI pendant la grossesse, bien qu'il y ait plus de données sur l'innocuité d'autres vaccins antigrippaux pendant la grossesse. Il existe également des données probantes montrant que le VII est plus efficace que le VVAI chez les adultes en bonne santé. Il convient de noter que la vaccination par le VVAI pendant la grossesse ne devrait pas être considérée comme étant une raison d'interrompre la grossesse.
- Le seul vaccin avec adjuvant au Canada pour la saison grippale 2023/2024 est le VII3-Adj, qui est autorisé pour les nourrissons âgés de six à 23 mois (Fluad Pediatric<sup>MD</sup>) et les adultes de 65 ans et plus (Fluad<sup>MD</sup>). Aucun signalement en matière d'innocuité n'a été identifié concernant les vaccins grippaux avec adjuvant pendant la grossesse; cependant, VII3-Adj n'est pas autorisé pour les personnes en âge de procréer.
- Le seul vaccin à haute dose au Canada pour la saison grippale 2023–2024 est le VII4-HD (Fluzone<sup>MD</sup> Quadrivalent à haute dose) qui est autorisé pour les adultes de 65 ans et plus. Aucun signalement en matière d'innocuité n'a été identifié en ce qui concerne les vaccins antigrippaux à forte dose pendant la grossesse, mais le vaccin VII4-HD n'est pas autorisé pour les personnes en âge de procréer.

**2. Le CCNI recommande de proposer la vaccination antigrippale à n'importe quel stade de la grossesse (c.-à-d. à n'importe quel trimestre). (Forte recommandation du CCNI)**

- Si la grossesse d'une personne s'étend sur deux saisons grippales, cette personne peut recevoir deux doses de vaccin antigrippal (c.-à-d. une dose par saison, au cours de la grossesse).

**3. Le CCNI recommande d'inclure toutes les personnes enceintes, quel que soit le stade de la grossesse, parmi les personnes à qui il est particulièrement recommandé de se faire vacciner contre la grippe. (Forte recommandation du CCNI)**

**4. Le CCNI réitère sa recommandation selon laquelle la vaccination antigrippale peut être administrée en même temps ou à tout moment avant ou après l'administration d'un autre vaccin, y compris le vaccin contre la COVID-19 ou le vaccin contre la coqueluche. (Forte recommandation du CCNI)**

- Il faudrait saisir toutes les occasions de vacciner la personne enceinte pendant sa grossesse, avec tous les vaccins pour lesquels elle est admissible.

Une analyse complète des preuves et les recommandations complètes du CCNI sont publiées dans la nouvelle déclaration du

CCNI : *Recommandations à jour sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse* (5).

## Conclusion

Les personnes enceintes, leurs fœtus et les nourrissons courent un risque élevé de complications liées à la grippe. La revue systématique et la méta-analyse réalisées pour cette déclaration complémentaire ont examiné la littérature actuelle sur l'utilisation des vaccins antigrippaux pendant la grossesse. Le CCNI a conclu que les données probantes continuent de soutenir l'innocuité et l'efficacité de la vaccination antigrippale pendant la grossesse et recommande l'utilisation de vaccins antigrippaux inactivés ou recombinants. La vaccination antigrippale réduit le risque de grippe et n'a pas de lien établi avec des résultats négatifs chez les femmes enceintes ou leurs nourrissons. Le CCNI s'engage à suivre l'évolution des renseignements sur l'innocuité des vaccins et des données sur l'efficacité potentielle et l'efficacité réelle des vaccins pour les personnes enceintes et mettra à jour les recommandations si nécessaire.

## Déclaration des auteurs

W. S. — Rédaction, projet original, révision, édition

A. S. — Rédaction, révision, édition

J. P. — Révision, édition

La déclaration du CCNI intitulée *Directives mises à jour sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse* a été préparée par P. Doyon-Plourde, A. Sinilaite, W. Siu et J. Papenburg, au nom du groupe de travail du CCNI sur la grippe, et a été approuvée par le CCNI.

## Intérêts concurrents

J. Papenburg fait état de subventions accordées à son institution par MedImmune et Merck et d'honoraires personnels versés par AstraZeneca et Merck, tous hors du travail soumis.

## Remerciements

**Membres du groupe de travail sur l'influenza** : J. Papenburg (président), P. De Wals, I. Gemmill, R. Harrison, J. Langley, A. McGeer et D. Moore.

**Anciens membres** : D. Fell.

**Membres du CCNI** : S. Deeks (présidente), R. Harrison (vice-présidente), M. Andrew, J. Bettinger, N. Brousseau, H. Decaluwe, P. De Wals, E. Dubé, V. Dubey, K. Hildebrand, K. Klein, M. O'Driscoll, J. Papenburg, A. Pham-Huy, B. Sander, et S. Wilson.





**Représentants de liaison :** L. Bill (Association des infirmière et infirmiers autochtones du Canada), L. M. Bucci (Association canadienne de santé publique), S. Buchan (Association Canadienne pour la recherche, l'évaluation et l'éducation en immunisation), E. Castillo (Société des obstétriciens et gynécologues du Canada), J. Comeau (Association pour la microbiologie médicale et l'infectiologie Canada), M. Lavoie (Conseil des médecins hygiénistes en chef), J. MacNeil (Centers for Disease Control and Prevention, États-Unis) D. Moore (Société canadienne de pédiatrie), M. Naus (Comité canadien d'immunisation), M. Osmack (Association des médecins indigènes du Canada), L. Dupuis (Association des infirmières et infirmiers du Canada), J. Potter (Collège des médecins de famille du Canada), et A. Ung (Association des pharmaciens du Canada).

**Représentants d'office :** V. Beswick-Escanlar (Défense nationale et Forces armées canadiennes), P. Fandja (Direction des produits de santé commercialisés, Santé Canada), E. Henry (Centre des programmes d'immunisation, Agence de la santé publique du Canada [ASPC]), M. Lacroix (Groupe consultatif d'éthique en santé publique, ASPC), S. Ogunnaike-Cooke (Surveillance de la sécurité des vaccins, ASPC), M. Patel (Approvisionnement et assurance des vaccins), C. Pham (Direction des médicaments biologiques et radiopharmaceutiques, Santé Canada), M. Routledge (Laboratoire national de microbiologie, ASPC), M. Su (COVID-19 Épidémiologie et surveillance) et T. Wong (Direction générale de la santé des Premières Nations et des Inuits, Services aux Autochtones Canada).

Le CCNI remercie F. Crane, R. Garno, A. Gil, K. Gusic, S. H. Lim, B. Pe Benito, S. Pierre, C. Tremblay, M. Tunis, C. Williams, M. Xi et K. Young pour leur contribution à cette déclaration.

## Financement

Les travaux du Comité consultatif national de l'immunisation sont soutenus par l'Agence de la santé publique du Canada.

## Références

1. Agence de la santé publique du Canada. Grippe (influenza) : Pour les professionnels de la santé. Ottawa, ON : ASPC; 2024. [Consulté le 25 mai 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/grippe-influenza/professionnels-sante.html>
2. World Health Organization (WHO). Influenza (Seasonal). Geneva, CH: WHO; 2023. [Consulté le 25 mai 2023]. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-\(seasonal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/influenza-(seasonal))
3. Dawood FS, Kittikraisak W, Patel A, Rentz Hunt D, Suntarattiwong P, Wesley MG, Thompson MG, Soto G, Mundhada S, Arriola CS, Azziz-Baumgartner E, Brummer T, Cabrera S, Chang HH, Deshmukh M, Ellison D, Florian R, Gonzales O, Kurhe K, Kaoiean S, Rawangban B, Lindstrom S, Llajaruna E, Mott JA, Saha S, Prakash A, Mohanty S, Sinthuwattanawibool C, Tinoco Y. Incidence of influenza during pregnancy and association with pregnancy and perinatal outcomes in three middle-income countries: a multisite prospective longitudinal cohort study. *Lancet Infect Dis* 2021;21(1):97–106. DOI PubMed
4. MacDonald NE, McDonald JC; Canadian Paediatric Society, Infectious Diseases and Immunization Committee. The benefits of influenza vaccine in pregnancy for the fetus and the infant younger than six months of age. *Paediatr Child Health* 2014;19(9):e121–2. DOI PubMed
5. Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI). Directives mises à jour sur la vaccination antigrippale pendant la grossesse. Ottawa, ON : ASPC; 2023. [Consulté le 25 mai 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/vaccins-immunisation/comite-consultatif-national-immunisation-directives-mises-jour-vaccination-antigrippale-pendant-grossesse.html>
6. Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI). Déclaration sur la vaccination antigrippale pour la saison 2023–2024. Ottawa, ON : ASPC; 2023. [Consulté le 25 mai 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/vaccins-immunisation/comite-consultatif-national-immunisation-declaration-vaccination-antigrippale-2023-2024.html>
7. Wolfe D, Fell D, Garritty C, Hamel C, Butler C, Hersi M, Ahmadzai N, Rice DB, Esmaeilisaraji L, Michaud A, Soobiah C, Ghassemi M, Khan PA, Sinilaite A, Skidmore B, Tricco AC, Moher D, Hutton B. Safety and effectiveness of influenza vaccine during pregnancy: a systematic review. *BMJ Open* 2023;13(9):e066182. DOI PubMed
8. Ismail SJ, Hardy K, Tunis MC, Young K, Sicard N, Quach C. A framework for the systematic consideration of ethics, equity, feasibility, and acceptability in vaccine program recommendations. *Vaccine* 2020;38(36):5861–76. DOI PubMed
9. Steinhoff MC, Katz J, Englund JA, Khatry SK, Shrestha L, Kuypers J, Stewart L, Mullany LC, Chu HY, LeClerq SC, Kozuki N, McNeal M, Reedy AM, Tielsch JM. Year-round influenza immunisation during pregnancy in Nepal: a phase 4, randomised, placebo-controlled trial. *Lancet Infect Dis* 2017;17(9):981–9. DOI PubMed



10. Madhi SA, Cutland CL, Kuwanda L, Weinberg A, Hugo A, Jones S, Adrian PV, van Niekerk N, Treurnicht F, Ortiz JR, Venter M, Violari A, Neuzil KM, Simões EA, Klugman KP, Nunes MC; Maternal Flu Trial (Matflu) Team. Influenza vaccination of pregnant women and protection of their infants. *N Engl J Med* 2014;371(10):918–31. [DOI PubMed](#)
11. Tapia MD, Sow SO, Tamboura B, Tégoué I, Pasetti MF, Kodio M, Onwuchekwa U, Tennant SM, Blackwelder WC, Coulibaly F, Traoré A, Keita AM, Haidara FC, Diallo F, Doumbia M, Sanogo D, DeMatt E, Schluterman NH, Buchwald A, Kotloff KL, Chen WH, Orenstein EW, Orenstein LA, Villanueva J, Bresee J, Treanor J, Levine MM. Maternal immunisation with trivalent inactivated influenza vaccine for prevention of influenza in infants in Mali: a prospective, active-controlled, observer-blind, randomised phase 4 trial. *Lancet Infect Dis* 2016;16(9):1026–35. [DOI PubMed](#)
12. Zaman K, Roy E, Arifeen SE, Rahman M, Raqib R, Wilson E, Omer SB, Shahid NS, Breiman RF, Steinhoff MC. Effectiveness of maternal influenza immunization in mothers and infants. *N Engl J Med* 2008;359(15):1555–64. [DOI PubMed](#)
13. Thompson MG, Kwong JC, Regan AK, Katz MA, Drews SJ, Azziz-Baumgartner E, Klein NP, Chung H, Effler PV, Feldman BS, Simmonds K, Wyant BE, Dawood FS, Jackson ML, Fell DB, Levy A, Barda N, Svenson LW, Fink RV, Ball SW, Naleway A; PREVENT Workgroup. Influenza Vaccine Effectiveness in Preventing Influenza-associated Hospitalizations During Pregnancy: A Multi-country Retrospective Test Negative Design Study, 2010–2016. *Clin Infect Dis* 2019;68(9):1444–53. [DOI PubMed](#)
14. Benowitz I, Esposito DB, Gracey KD, Shapiro ED, Vázquez M. Influenza vaccine given to pregnant women reduces hospitalization due to influenza in their infants. *Clin Infect Dis* 2010;51(12):1355–61. [DOI PubMed](#)
15. Maltezou HC, Stavros S, Asimakopoulos G, Pergialiotis V, Raftopoulos V, Talias MA, Pavli A, Daskalakis G, Sindos M, Koutroumanis P, Theodora M, Antsaklis P, Kostis E, Stratiki E, Kossyvakis A, Theodoridou M, Mentis A, Drakakis P, Loutradis D, Rodolakis A. Effectiveness of maternal vaccination with quadrivalent inactivated influenza vaccine in pregnant women and their infants in 2019–2020. *Expert Rev Vaccines* 2022;21(7):983–92. [DOI PubMed](#)
16. Nunes MC, Walaza S, Meiring S, Zar HJ, Reubenson G, McMorro M, Tempia S, Rossi L, Itzikowitz R, Bishop K, Mathunjwa A, Wise A, Treurnicht FK, Helfferscee O, Laubscher M, Serafin N, Cutland CL, Madhi SA, Cohen C. Effectiveness of Influenza Vaccination of Pregnant Women for Prevention of Maternal and Early Infant Influenza-Associated Hospitalizations in South Africa: A Prospective Test-Negative Study. *Open Forum Infect Dis* 2022;9(11):ofac552. [DOI PubMed](#)
17. Vousden N, Bunch K, Knight M; UKOSS Influenza Co-Investigators Group. Incidence, risk factors and impact of seasonal influenza in pregnancy: A national cohort study. *PLoS One* 2021;16(1):e0244986. [DOI PubMed](#)
18. Foo D, Sarna M, Pereira G, Moore HC, Regan AK. Longitudinal, population-based cohort study of prenatal influenza vaccination and influenza infection in childhood. *Vaccine* 2022;40(4):656–65. [DOI PubMed](#)
19. Rowe SL, Leder K, Perrett KP, Romero N, Nolan TM, Stephens N, Cowie BC, Cheng AC. Maternal Vaccination and Infant Influenza and Pertussis. *Pediatrics* 2021;148(3):e2021051076. [DOI PubMed](#)
20. McRae J, Blyth CC, Cheng AC, Quinn HE, Wood N, Macartney KK; PAEDS and FluCAN Network Investigators. Preventing severe influenza in Australian infants: maternal influenza vaccine effectiveness in the PAEDS-FluCAN networks using the test-negative design. *Vaccine* 2022;40(19):2761–71. [DOI PubMed](#)
21. Nunes MC, Cutland CL, Jones S, Hugo A, Madimabe R, Simões EA, Weinberg A, Madhi SA; Maternal Flu Trial Team. Duration of Infant Protection Against Influenza Illness Conferred by Maternal Immunization: Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr* 2016;170(9):840–7. [DOI PubMed](#)
22. Nordin JD, Kharbanda EO, Benitez GV, Nichol K, Lipkind H, Naleway A, Lee GM, Hambidge S, Shi W, Olsen A. Maternal safety of trivalent inactivated influenza vaccine in pregnant women. *Obstet Gynecol* 2013;121(3):519–25. [DOI PubMed](#)
23. Ledlie S, Gandhi-Banga S, Shrestha A, Mallett Moore T, Khromava A. Exposure to quadrivalent influenza vaccine during pregnancy: results from a global pregnancy registry. *Influenza Other Respir Viruses* 2022;16(1):90–100. [DOI PubMed](#)
24. Sugimura T, Nagai T, Kobayashi H, Ozaki Y, Yamakawa R, Hirata R. Effectiveness of maternal influenza immunization in young infants in Japan. *Pediatr Int* 2016;58(8):709–13. [DOI PubMed](#)



25. Chambers CD, Johnson DL, Xu R, Luo YJ, Louik C, Mitchell AA, Schatz M, Jones KL; OTIS Collaborative Research Group. Safety of the 2010–11, 2011–12, 2012–13, and 2013–14 seasonal influenza vaccines in pregnancy: birth defects, spontaneous abortion, preterm delivery, and small for gestational age infants, a study from the cohort arm of VAMPSS. *Vaccine* 2016;34(37):4443–9. [DOI PubMed](#)
26. Mohammed H, Roberts CT, Grzeskowiak LE, Giles LC, Dekker GA, Marshall HS. Safety and protective effects of maternal influenza vaccination on pregnancy and birth outcomes: A prospective cohort study. *EClinicalMedicine* 2020;26:100522. [DOI PubMed](#)
27. Ohfuji S, Deguchi M, Tachibana D, Koyama M, Takagi T, Yoshioka T, Urae A, Ito K, Kase T, Maeda A, Kondo K, Fukushima W, Hirota Y; Osaka Pregnant Women Influenza Study Group. Safety of influenza vaccination on adverse birth outcomes among pregnant women: A prospective cohort study in Japan. *Int J Infect Dis* 2020;93:68–76. [DOI PubMed](#)
28. Donahue JG, Kieke BA, King JP, DeStefano F, Mascola MA, Irving SA, Cheetham TC, Glanz JM, Jackson LA, Klein NP, Naleway AL, Weintraub E, Belongia EA. Association of spontaneous abortion with receipt of inactivated influenza vaccine containing H1N1pdm09 in 2010–11 and 2011–12. *Vaccine* 2017;35(40):5314–22. [DOI PubMed](#)
29. Donahue JG, Kieke BA, King JP, Mascola MA, Shimabukuro TT, DeStefano F, Hanson KE, McClure DL, Olaiya O, Glanz JM, Hechter RC, Irving SA, Jackson LA, Klein NP, Naleway AL, Weintraub ES, Belongia EA. Inactivated influenza vaccine and spontaneous abortion in the Vaccine Safety Datalink in 2012–13, 2013–14, and 2014–15. *Vaccine* 2019;37(44):6673–81. [DOI PubMed](#)
30. Romano CJ, Hall C, Khodr ZG, Bukowinski AT, Gumbs GR, Conlin AM. History of pandemic H1N1-containing influenza vaccination and risk for spontaneous abortion and birth defects. *Vaccine* 2021;39(44):6553–62. [DOI PubMed](#)
31. Nwoji U. Seasonal influenza vaccine exposure in pregnancy: 5-year results from a pregnancy registry. *Hum Vaccin Immunother* 2022;18(1):1932213. [DOI PubMed](#)
32. Robinson C, Obery J, van Boxmeer J, Albano JD, Tilson H, Scialli A, Vanchiere JA, Ides E, Sawlwin D, Hohenboken M, Edelman J. A Prospective Cohort Study on Pregnancy Outcomes of Persons Immunized with a Seasonal Quadrivalent Inactivated Influenza Vaccine during Pregnancy. *Vaccines (Basel)* 2022;10(10):1577. [DOI PubMed](#)
33. Robinson C, Van Boxmeer J, Tilson H, Scialli A, Vanchiere JA, Ides E, Sawlwin D, Molrine D, Hohenboken M, Edelman J, Albano JD. Outcomes in Pregnant Persons Immunized with a Cell-Based Quadrivalent Inactivated Influenza Vaccine: A Prospective Observational Cohort Study. *Vaccines (Basel)* 2022;10(10):1600. [DOI PubMed](#)



# Innovations dans la surveillance de la santé publique : un aperçu de l'utilisation novatrice des données et des méthodes d'analyse

Heather Rilkoff<sup>1\*</sup>, Shannon Struck<sup>2</sup>, Chelsea Ziegler<sup>3</sup>, Laura Faye<sup>1</sup>, Dana Paquette<sup>4</sup>, David Buckeridge<sup>5,6</sup>

## Résumé

Les sources de données et les méthodes innovantes pour la surveillance de la santé publique ont évolué rapidement au cours des dix dernières années. Dans ce contexte, il semble qu'il est nécessaire de procéder à un examen plus approfondi de la maturité scientifique, de la faisabilité et de l'utilité de l'utilisation des données et des méthodes dans des situations réelles. Cet article donne un aperçu des innovations récentes en matière de surveillance de la santé publique, notamment les données provenant des médias sociaux, des moteurs de recherche sur Internet, de l'Internet des objets, de la surveillance des eaux usées, de la surveillance participative, de l'intelligence artificielle (IA) et des prévisions immédiates.

Les exemples identifiés suggèrent que des sources de données et méthodes d'analyse innovantes peuvent renforcer les services de santé publique en améliorant les estimations pour les maladies, en favorisant l'alerte précoce en cas d'apparition de maladies et en produisant des informations supplémentaires ou plus opportunes pour des mesures de santé publique. Par exemple, la surveillance des eaux usées est redevenue un outil pratique pour la détection précoce de la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) et d'autres agents pathogènes, et l'IA est de plus en plus utilisée pour traiter de grandes quantités de données numériques. Les difficultés liées à la mise en œuvre de nouvelles méthodes sont notamment le manque de maturité scientifique, le peu d'exemples de mise en œuvre dans des contextes réels de santé publique, les risques liés à la protection de la vie privée et à la sécurité, et les implications en matière d'équité en santé. L'amélioration de la gouvernance des données, l'élaboration de politiques claires pour l'utilisation des technologies d'IA et le perfectionnement du personnel de santé publique sont les prochaines étapes importantes pour faire progresser l'utilisation de l'innovation dans le domaine de la santé publique.

**Citation proposée :** Rilkoff H, Struck S, Ziegler C, Faye L, Paquette D, Buckeridge D. Innovations dans la surveillance de la santé publique : un aperçu de l'utilisation novatrice des données et des méthodes d'analyse. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2024;50(3/4):104–14. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v50i34a02f>

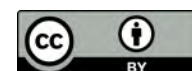
**Mots-clés :** surveillance de la santé publique, méthodes innovantes, nouvelles données, intelligence artificielle, surveillance des eaux usées, prévision immédiate

## Introduction

La surveillance de la santé publique (SSP) est la collecte, l'analyse et l'interprétation continues et systématiques de données, suivies de la diffusion d'informations, dans le but d'orienter les actions de prévention et de contrôle des maladies ou d'améliorer la santé de la population (1–3). Traditionnellement, la SSP était réalisée à partir d'un nombre limité de sources de données

provenant des systèmes d'information de santé publique, des soins de santé et des systèmes d'information de laboratoire, ainsi que d'enquêtes par questionnaire, dont le traitement, l'analyse et la diffusion nécessitent souvent des ressources et un temps considérables.

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



## Affiliations

<sup>1</sup> Direction générale des données, de la surveillance et de la prospective (DGDSP), Agence de la santé publique du Canada, Toronto, ON

<sup>2</sup> Direction générale des données, de la surveillance et de la prospective (DGDSP), Agence de la santé publique du Canada, Winnipeg, MB

<sup>3</sup> Direction générale des données, de la surveillance et de la prospective (DGDSP), Agence de la santé publique du Canada, Calgary, AB

<sup>4</sup> Direction générale des données, de la surveillance et de la prospective (DGDSP), Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON

<sup>5</sup> Direction générale des données, de la surveillance et de la prospective (DGDSP), Agence de la santé publique du Canada, Montréal, QC

<sup>6</sup> École de santé des populations et de santé mondiale, département d'épidémiologie et de biostatistique, Université McGill, Montréal, QC

## \*Correspondance :

[heather.rilkoff@phac-aspc.gc.ca](mailto:heather.rilkoff@phac-aspc.gc.ca)





La numérisation des soins de santé et d'autres secteurs a réduit le délai, le coût et la charge associés à la réalisation de la SSP, et a permis d'explorer d'autres sources de données pour compléter les sources traditionnelles (4). En outre, l'intelligence artificielle (IA) a connu des avancées majeures au cours de la dernière décennie. Les méthodologies fondées sur l'IA qui traitent efficacement de grandes quantités de données structurées et non structurées sont de plus en plus utilisées dans la SSP (5–7).

Bon nombre de ces sources de données et de ces méthodes d'IA ont été utilisées pendant la pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19), où il était crucial de disposer d'informations complètes et au moment opportun pour comprendre les risques pandémiques en constante évolution et y répondre (4). Le développement rapide de ces méthodes de surveillance innovantes et l'utilisation de nouvelles sources de données suggèrent la nécessité d'examiner de plus près la maturité scientifique, ainsi que la faisabilité et l'utilité de leur utilisation dans des applications réelles (5,6,8). L'objectif de cet article est de mettre en lumière des exemples d'application de méthodes innovantes à la SSP et de fournir aux autorités de santé publique des indications sur les avantages, les risques et les défis potentiels liés à l'utilisation de sources de données et de méthodes non traditionnelles dans le cadre de la SSP.

Cet article donne un aperçu des innovations en matière de données et de méthodes analytiques dans la SSP publiées au cours des cinq dernières années, y compris toute donnée probante sur leur application dans des situations réelles, les questions éthiques et les implications connues en matière d'équité en santé. Chaque innovation est décrite, y compris son niveau de maturité scientifique et, le cas échéant, les preuves de ses répercussions sur les pratiques de surveillance ou les actions de santé publique. La section des résultats commence par explorer les nouvelles sources de données qui ont été appliquées à la SSP, en mettant en évidence des exemples de leur application réussis pour fournir des informations opportunes, précises et fiables afin de soutenir l'action en matière de santé publique. Il se concentre ensuite sur les méthodes innovantes qui ont été élaborées pour analyser les données de surveillance, y compris le développement de l'IA pour soutenir l'intégration et l'analyse de sources de données importantes ou non traditionnelles et l'application de méthodes analytiques avancées pour améliorer la prévision immédiate des informations.

## Méthodes

### Approche

Cette vue d'ensemble définit le terme « surveillance innovante » comme l'utilisation de sources de données non traditionnelles ou de méthodes analytiques pour détecter et comprendre les événements et les déterminants de la santé. L'accent a été mis sur les sources de données et les méthodes d'analyse. Cette vue

d'ensemble ne fournit pas de discussion détaillée sur d'autres composantes du processus de surveillance (e.g., les stratégies de diffusion ou d'évaluation).

On a identifié des thèmes pertinents pour être inclus dans cet article en effectuant des recherches dans PubMed, Embase, Global Health et Scopus au printemps 2023. Une stratégie de recherche détaillée, élaborée avec l'aide d'un bibliothécaire, a été limitée aux articles évalués par des pairs et publiés entre le 1<sup>er</sup> janvier 2013 et le 23 février 2023, dans les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et en Chine, en langue anglaise uniquement. La recherche manuelle a fourni des sources supplémentaires.

Les résultats de la recherche documentaire ont été examinés en fonction de leur pertinence par le biais de la recherche de titres et de résumés et ont été regroupés par thèmes. La sélection finale des articles dans chaque domaine a été limitée aux cinq dernières années (du 1<sup>er</sup> janvier 2018 au 23 février 2023) afin de s'assurer que les articles reflètent mieux les innovations technologiques et méthodologiques actuelles. La recherche ayant donné lieu à un grand nombre d'articles sur les méthodes analytiques, l'équipe de recherche a décidé d'exclure certains domaines analytiques généraux (tels que les innovations en matière de biostatistique, de laboratoire ou de méthodes analytiques géospatiales) et de se concentrer sur les prévisions immédiates et l'IA, deux domaines qui ont été adoptés par la santé publique à partir d'autres disciplines.

Les auteurs ont concentré cet aperçu sur un sous-ensemble d'articles qui répondaient à la définition de « surveillance innovante », discutaient des mesures prises pour évaluer ou valider la méthode ou les sources de données, décrivaient des améliorations potentielles ou réelles du système de SSP et, dans la mesure du possible, montraient une application à la pratique de la santé publique dans le monde réel.

## Résultats

### Nouvelles sources de données et leurs applications

#### Aperçu des nouvelles sources de données

L'essor des technologies numériques a mis à disposition de nouvelles sources de données pour la surveillance des maladies. Les sources de données numériques couramment utilisées comprennent les médias sociaux et les données de recherche agrégées, dont les premières applications de surveillance datent du début des années 2000, ainsi que les méthodes de surveillance participative, telles que les enquêtes transversales répétées en ligne et l'externalisation ouverte de photos ou de soumissions d'échantillons (9). Plus récemment, on explore les



applications de SSP d'autres technologies numériques, comme les données de mobilité et l'Internet des objets (IDO), qui comprend des dispositifs portables et d'autres objets physiques qui se connectent et échangent des données par l'Internet (8). Les sources de données numériques sont susceptibles de fournir des informations plus opportunes et d'englober des populations qui n'ont pas forcément recours aux soins de santé; bien qu'elles puissent être utilisées comme source d'information indépendante, elles sont généralement considérées comme complémentaires des données de surveillance traditionnelles (9).

### Médias sociaux et données de recherche sur le Web

Les données issues des médias sociaux (e.g., Twitter/X) et des recherches sur Internet (e.g., Google Trends) ont été utilisées pour soutenir la surveillance des maladies en tant que source de données pour les prévisions immédiates, la connaissance de la situation et la détection des éclosions (9). Une revue systématique récente portant sur la surveillance des maladies transmissibles a noté que la majorité des études incluses utilisaient des données de Twitter/X, et que les études utilisant des données de Twitter/X présentaient une fiabilité et une validité globales plus élevées que les études utilisant des données provenant d'autres plateformes de médias sociaux (10). La revue a également noté que la majorité des études portaient sur la surveillance de la grippe et que des recherches supplémentaires étaient nécessaires pour évaluer l'efficacité des médias sociaux pour d'autres maladies (10). Parmi les autres exemples d'utilisation des médias sociaux ou des données de recherche sur le Web, on peut citer les analyses rétrospectives visant à évaluer le potentiel de ces sources pour prédire les cas d'infection transmissible sexuellement et par le sang (ITSS) (11), la hiérarchisation des inspections de restaurants sur la base des informations relatives aux éclosions d'origine alimentaire (12), les estimations de l'utilisation des médicaments (13) et les systèmes d'alerte précoce pour les blessures aux poumons liées à la cigarette électronique/au vapotage (14) et les épidémies de COVID-19 (15).

L'un des défis liés à l'utilisation des médias numériques est la nécessité de collecter et de traiter de grandes quantités d'informations, que ce soit par un contrôle manuel ou par l'automatisation (16). Le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC) a lancé *epitweetr*, une bibliothèque logicielle basée sur R qui collecte, agrège, détecte et diffuse des informations pour la détection précoce des menaces pour la santé publique à l'aide de Twitter/X. Une évaluation de l'outil a montré qu'il était plus rapide que l'examen manuel (16). Les méthodes utilisant l'IA telles que le traitement du langage naturel (TLN), décrites plus loin dans ce document, sont également de plus en plus utilisées pour traiter et analyser les sources d'information numériques.

Bien que l'utilité des médias sociaux et des données de recherche sur Internet pour la surveillance des maladies soit étudiée depuis près de vingt ans, la validité, la fiabilité et la

stabilité de ces données continuent de poser des problèmes pour l'élaboration d'approches normalisées de l'utilisation de ces informations (9). Par exemple, les modifications apportées aux algorithmes d'interrogation des moteurs de recherche, l'utilisation de différents styles de langage, les termes de recherche déroutants et les biais démographiques en matière d'utilisation des technologies numériques peuvent avoir des répercussions sur la qualité des informations provenant de ces sources pour la SSP (9,17). Un récent examen systématique de la portée a également noté que la plupart des études sur la surveillance numérique n'utilisaient pas leurs résultats pour des actions de santé publique et que des méthodes plus rigoureuses étaient nécessaires pour rendre ces informations opérationnelles pour la prise de décision en matière de santé publique (17). Les plateformes de surveillance qui combinent les médias sociaux, les recherches sur le Web et les données sur les soins de santé peuvent améliorer la précision des résultats (9,18).

### Données de surveillance participative

La surveillance participative implique le recrutement et l'engagement volontaires de membres du public pour participer à des enquêtes répétées ou à d'autres méthodes d'externalisation ouverte (9). Cette approche est parfois utilisée en complément de la surveillance traditionnelle des maladies, afin de recueillir des informations plus rapidement et de s'adresser à des populations qui n'ont pas forcément recours aux soins de santé pour des tests et des diagnostics (8). Parmi les exemples, citons *Flu Near You* aux États-Unis, *InfluenzaNet* en Europe (9) et *ActionGrippe* au Canada (19). Une surveillance communautaire utilisant des échantillons collectés par les intéressés a également été mise en place et a permis une évaluation rapide de la charge de morbidité de la grippe au niveau communautaire (20). En outre, des études ont exploré la surveillance syndromique participative en utilisant les médias sociaux et les articles de journaux comme source d'information pendant la pandémie de COVID-19, qui pourrait être plus rapide et plus accessible que les rapports de cas officiels de la santé publique (21,22).

En dehors des pathogènes respiratoires, des études récentes suggèrent l'utilisation actuelle d'approches participatives pour soutenir la surveillance des vecteurs potentiels de maladies ou des maladies à transmission vectorielle. Par exemple, des plateformes telles que *iNaturalist*, *eTick.ca* et *Mosquito Alert* utilisent des photos collectées par la communauté pour identifier la distribution et les tendances saisonnières d'espèces spécifiques de tiques et de moustiques (23–26), et des initiatives telles que *tickMAP* dans l'État de New York utilisent des spécimens de tiques soumis par la communauté pour suivre l'émergence d'agents pathogènes transmis par les tiques en temps quasi réel (27).

La surveillance participative peut être appliquée de manière à permettre la participation de populations méritant l'équité et susceptibles d'être exclues des systèmes de surveillance



traditionnels. Par exemple, dans une communauté rurale des Appalaches, la surveillance participative avec un outil d'autocontrôle des symptômes en ligne ou par téléphone a été utilisée pour identifier les personnes à risque qui, autrement, n'auraient peut-être pas cherché à se faire soigner, et pour les mettre en contact avec les ressources du service de santé local (28). Toutefois, certaines populations sont moins susceptibles de participer à la surveillance participative, notamment les hommes, les jeunes et les personnes âgées (29), ainsi que les personnes ayant un faible niveau de revenu et d'éducation (9). Cela peut introduire des biais et des problèmes potentiels d'équité en matière de santé, en particulier si les groupes les plus susceptibles de souffrir de maladies sont exclus.

### Nouvelles sources de données numériques

L'utilisation de sources de données numériques, telles que les technologies mobiles, l'IDO et les objets portables, représente des domaines émergents à explorer davantage. Par exemple, les données sur la mobilité ont été utilisées pour étudier les répercussions de la COVID-19 et de la politique gouvernementale sur les modes de déplacement. On a également constaté des inégalités en matière de santé, car les populations socialement défavorisées n'étant souvent pas en mesure de bénéficier des décrets ordonnant de rester à domicile (30,31).

Les dispositifs portables, tels que les montres intelligentes, ont été utilisés pour collecter des données individuelles sur des variables liées à l'infection virale, telles que la fréquence cardiaque au repos, le sommeil et la mobilité (32,33). À titre d'exemple, une étude a montré que les technologies portables peuvent améliorer la prévision des taux de syndrome grippal aux États-Unis (33). Diverses applications de l'IDO ont vu le jour ces dernières années. Dans une étude, les chercheurs ont placé des capteurs thermiques et des microphones dans les salles d'attente des hôpitaux pour surveiller la toux, ce qui a ensuite été utilisé pour soutenir la surveillance des maladies infectieuses (34).

Les nouvelles sources de données numériques issues de la mobilité, des objets personnels connectés et de l'IDO représentent un domaine émergent qui nécessite une évaluation plus poussée (8,32), y compris une prise en compte minutieuse de la vie privée et des préoccupations éthiques (35). Comme d'autres sources de données numériques, ces sources impliquent des populations autosélectionnées et excluent les groupes qui n'ont pas accès aux technologies numériques. La propriété des données et le droit de les partager et de les utiliser à des fins secondaires peuvent varier entre le secteur public (e.g., le gouvernement), le secteur privé (e.g., Twitter/X) et les institutions géopolitiques (9,25). La nécessité de moderniser les infrastructures et d'investir pour soutenir l'intégration et l'analyse des informations générées par les nouvelles technologies peut également constituer un obstacle important (8,36).

### Eaux usées

La surveillance des eaux usées (SEU) est devenue une source de données qui soutient désormais la surveillance mondiale des maladies infectieuses d'une manière indépendante du comportement de recherche de santé et de l'accès au système de soins de santé (37,38). Associée à des données sociodémographiques sur de petites zones, la SEU a le potentiel de prévenir et de confirmer les tendances cliniques, de remédier aux inégalités en matière de santé, de combler les lacunes en matière de rapports dues à l'abandon des tests cliniques et de fournir une surveillance sentinelle ciblée des communautés présentant des profils de risque plus élevé pour des agents pathogènes spécifiques (38–42). Le déluge de données de SEU pendant la pandémie de COVID-19 a conduit à de nouvelles méthodes d'analyse pour aider à informer l'action de santé publique. Il s'agit notamment d'algorithmes sophistiqués d'apprentissage automatique qui ont été appliqués pour estimer les débits d'eaux usées afin de permettre la normalisation des données (43), et de l'application de méthodes statistiques simples qui ont ensuite été testées pour identifier les signaux d'alerte précoce d'une manière conviviale (44,45). Les nouvelles méthodes mises au point pour la SEU pendant la pandémie ont été validées en comparant les signaux des eaux usées aux données des cas cliniques et aux données syndromiques des maladies de type COVID (38,40,41,45,46). Les innovations en matière de SEU ont également bénéficié d'autres nouveaux liens entre les données. Dans une étude récente menée en Islande, les signaux des eaux usées ont été comparés aux dossiers de conduite sous influence pour aider à distinguer les tendances de la consommation de drogues récréatives de l'augmentation des dépendances aux drogues, ces dernières pouvant nécessiter une action de santé publique renforcée (47).

La SEU pour la COVID-19, d'autres agents pathogènes infectieux et des substances illicites a permis d'identifier les limites de cette approche, notamment l'incapacité à distinguer les raisons de l'augmentation ou de la diminution des signaux, la dégradation de l'agent pathogène ou de la substance dans les eaux usées avant la réalisation des tests, le changement des dénominateurs de la population et les méthodes d'échantillonnage non normalisées (47–49). La SEU est également limitée par les indicateurs épidémiologiques qu'il peut fournir (i.e., l'incidence et la prévalence) et la population qu'il peut surveiller (e.g., il n'inclut que les personnes se trouvant dans les égouts d'une installation de traitement des eaux usées) à partir des seules données de la SEU (45–49).

### Méthodes d'analyse innovantes

#### Intelligence artificielle

L'IA, qui comprend le TLN, l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond, peut intégrer, traiter et interpréter de multiples sources d'information de manière plus efficace et plus cohérente que les humains (50). L'augmentation récente de l'utilisation des technologies basées sur l'IA qui peuvent traiter



des données textuelles non structurées a permis d'exploiter plus efficacement de nouvelles sources de données, y compris celles qui ont été examinées dans les sections précédentes (7). L'IA a un potentiel énorme pour améliorer la SSP, car elle est capable de traiter de grandes quantités de données pour identifier les anomalies qui peuvent constituer une menace pour la santé publique (7), mais il s'agit encore d'un domaine émergent qui nécessite davantage d'évaluations dans le monde réel. Certaines des innovations publiées sur l'utilisation de l'IA dans le cadre de la SSP sont encore le fruit de collaborations universitaires. L'une de ces études, réalisée par l'école de médecine de Yale a utilisé le TLN, qui applique des méthodes d'IA à l'interprétation du langage humain, pour assurer un suivi en temps réel de la santé de la population en identifiant les symptômes mentionnés sur les plateformes de médias sociaux (51).

L'apprentissage automatique identifie des modèles complexes dans les données à des fins de classification et de prédiction (50). À New York City (NYC), l'apprentissage automatique, associé au TLN, a été testé pour améliorer la « surveillance pré-syndromique », qui vise à identifier les menaces rares ou inédites pour la santé à partir d'informations cliniques (52). Dans cette étude, l'analyse sémantique multidimensionnelle (MUSES) est une méthode basée sur l'apprentissage automatique et le TLN qui a été conçu pour améliorer la détection précoce des maladies en éliminant le besoin de définitions de cas prédéfinies et en regroupant automatiquement les informations par petites zones géographiques ou démographiques. MUSES a été appliqué à des données historiques de plaintes en texte libre provenant des services d'urgence de la ville de New York et a permis d'identifier davantage d'événements présentant un intérêt pour la santé publique et un taux de faux positifs plus faible que les approches actuellement utilisées par le département de la santé et de l'hygiène mentale de la ville de New York (52). La SSP basée sur le TLN a également été testée pour améliorer la rapidité de la déclaration de la mortalité par surdose en éliminant le besoin de codage manuel des certificats de décès en texte libre (53). Les exemples ci-dessus montrent le potentiel de l'IA dans la SSP, mais le nombre de méthodes d'IA mises en œuvre dans la SSP n'est pas clair. Une application concrète du Department of Veterans Affairs aux États-Unis a permis d'adapter avec succès une méthode de SSP basée sur le TLN au début de la pandémie de COVID-19 pour surveiller les antécédents de voyage dans les dossiers cliniques en vue d'un suivi de santé publique (54).

L'apprentissage en profondeur est un type spécialisé d'apprentissage automatique qui incorpore des réseaux neuronaux sophistiqués prenant en charge la classification à partir de grandes quantités de texte et conçus pour fonctionner d'une manière semblable au cerveau humain. Elle est de plus en plus utilisée pour soutenir la surveillance des maladies (7,55). Les Centres pour le contrôle et la prévention des maladies (CDC) ont testé des réseaux neuronaux et ont constaté que l'apprentissage

profond peut interpréter les dossiers médicaux pour prédire avec précision la plainte principale, et potentiellement améliorer la rapidité et la précision des informations disponibles pour la surveillance syndromique (56). L'apprentissage profond a également été appliqué aux systèmes de surveillance basés sur l'Internet pour soutenir l'alerte précoce, la connaissance de la situation et la prévision immédiate des maladies infectieuses. Par exemple, Sentinel, un système de surveillance américain, utilise l'apprentissage profond pour identifier et classer les messages des médias sociaux liés à la santé, les médias d'information et les données des CDC afin de détecter d'éventuelles éclosions et de fournir une connaissance de la situation (55).

L'utilisation de l'IA pour soutenir la SSP est un domaine nouveau et émergent dont la mise en œuvre dans les systèmes de santé publique existants doit encore faire l'objet d'une évaluation. Les algorithmes et les modèles d'apprentissage automatique construits à partir d'ensembles de données inexacts, incomplets ou non représentatifs peuvent à la fois limiter la précision des méthodes basées sur l'IA et biaiser les résultats en fonction de la race, du sexe ou d'autres caractéristiques (50,57). Il est important de veiller à la transparence de la construction des modèles d'IA afin que les résultats soient explicables, et que les personnes qui interprètent les résultats des analyses d'IA soient suffisamment qualifiées en matière de SSP et puissent faire preuve d'un jugement approprié. Il est également important que les professionnels de la santé publique comprennent les méthodes d'IA, leurs applications et leurs risques avant de les appliquer à la pratique de la santé publique (57).

### Prévision immédiate

La prévision immédiate utilise des données de surveillance récentes pour modéliser la situation actuelle (e.g., le nombre de cas) lorsque les données en temps réel ne sont pas disponibles (58). Dans une étude, la prévision immédiate utilisant une approche bayésienne a permis d'estimer avec précision les taux de COVID-19 afin d'informer l'allocation des ressources dans la ville de New York, ce qui a permis de surmonter les retards entre le dépistage et la déclaration (59). Les progrès de la prévision immédiate ont également été adoptés dans les systèmes de surveillance « Une seule santé » afin de combler les lacunes en matière de données et d'anticiper les épidémies de zoonoses. Par exemple, l'Institut norvégien de santé publique a appliqué avec succès les principes de prévision immédiate pour répondre à des épidémies de maladies gastro-intestinales en utilisant des données d'analyse de *Campylobacter* provenant d'élevages de volailles et des données météorologiques (60). Si les prévisions immédiates peuvent être utiles pour estimer la situation actuelle lors d'urgences de santé publique à évolution rapide, elles sont limitées par la qualité des données et la clarté des interprétations fournies aux décideurs (59,61).





## Discussion

Cette étude a exploré les innovations en matière de SSP au cours de la dernière décennie et, dans la mesure du possible, a décrit des exemples de leurs applications aux programmes de SSP. Parmi les exemples d'utilisation de ces nouvelles sources pour soutenir la SSP, on peut citer la fourniture d'informations nouvelles qui améliorent l'estimation des maladies, la promotion de l'alerte précoce et l'identification des menaces potentielles pour la santé, et la production de nouvelles informations pour l'action de santé publique.

Malgré ces possibilités, l'intégration des innovations en matière de SSP dans la pratique se heurte à des difficultés considérables. Au fur et à mesure que de nouvelles sources de données et de nouvelles méthodes sont ajoutées à la boîte à outils du SSP, leurs risques et leurs avantages doivent être pris en compte dans le but d'améliorer la santé globale de la population. La plupart des domaines explorés dans cet article manquent de maturité scientifique et, dans de nombreux cas, sont si nouveaux qu'il n'existe pas encore de méthodes normalisées et de bonnes pratiques permettant de faire progresser ces domaines de manière fiable et responsable (49,50,57). Bon nombre des nouvelles méthodes identifiées dans le présent document ont été testées dans des environnements universitaires sans stratégie claire de mise en œuvre dans la vie réelle (51,55). Ces interventions doivent faire l'objet d'évaluations plus poussées dans des contextes réels, afin de déterminer leur utilité pour l'amélioration de la SSP et leurs implications pour l'action de santé publique. Ces évaluations pourraient être utilisées pour élaborer et diffuser des orientations et des approches normalisées afin d'aider les organismes de santé publique à mettre en œuvre de nouvelles méthodes.

L'utilisation des technologies numériques et de l'IA dans la SSP pose également des défis en matière de confidentialité et de sécurité, de gouvernance des données et de considérations éthiques. Par exemple, il est nécessaire de trouver un équilibre entre les avantages de disposer de grandes quantités d'informations granulaires à des fins d'analyse et la nécessité de veiller à ce que les personnes ne puissent pas être (ré)identifiées. Cela est particulièrement vrai pour les méthodes d'IA, étant donné la grande quantité d'informations qui est généralement nécessaire pour former le modèle (54,57,62,63). Dans le cas des données numériques, qui peuvent être accessibles au public, mais dont l'utilisation à des fins de surveillance n'a pas été autorisée, il n'est pas clair comment/si le consentement éclairé peut ou doit être obtenu. Il convient de veiller tout particulièrement à ce que les données soient rendues anonymes et à ce que les informations confidentielles ne soient pas révélées (63). La protection des données numériques et la transparence sur la manière dont les données sont acquises, stockées et utilisées sont essentielles pour maintenir la confiance du public et assurer la durabilité de ces systèmes (57,64), et des progrès vers la gouvernance des données numériques sont donc nécessaires

pour rendre ces sources de données pleinement opérationnelles. Des cadres éthiques pour l'utilisation de l'IA et des données des médias sociaux dans la recherche (63), et des lignes directrices pour l'utilisation de l'IA de manière plus générale (65–67) ont été élaborés pour soutenir une conduite responsable et la protection des personnes auprès desquelles des données sont collectées.

L'équité en matière de santé est un élément important à prendre en compte lors de la mise en œuvre de nouvelles méthodes de surveillance. Cette vue d'ensemble a permis d'identifier plusieurs exemples d'approches qui pourraient être utilisées pour soutenir l'équité en matière de santé, car elles incluent des populations qui peuvent être oubliées dans la surveillance traditionnelle. Cependant, un article de synthèse récent a noté qu'il n'y avait pas d'études spécifiquement axées sur les populations vulnérables dans l'utilisation de la surveillance numérique de la santé publique, et qu'un travail important est donc nécessaire pour explorer les implications de son utilisation sur l'équité en matière de santé (17). En outre, des travaux plus importants sont nécessaires pour explorer, identifier et traiter les biais dans les algorithmes d'IA et dans les données utilisées pour former les algorithmes d'IA, afin de s'assurer que ces méthodes ne perpétuent pas des résultats nuisibles en conséquence d'entrées biaisées (57).

### Limites

Il convient de noter les limites de cette vue d'ensemble. Cet article avait pour but de donner un aperçu des innovations récentes en matière de SSP et d'explorer des exemples d'application dans le monde réel. Il ne s'agit donc pas d'une liste exhaustive et il ne peut fournir une évaluation détaillée de l'efficacité de ces innovations. L'article se concentre uniquement sur la littérature évaluée par les pairs et peut donc avoir omis des articles provenant de milieux de santé publique appliqués et publiés sous forme de littérature grise. L'utilisation de la littérature évaluée par les pairs peut également avoir produit un biais de publication positif, les études faisant état de résultats négatifs ou de conséquences involontaires étant potentiellement sous-représentées. Il s'agit d'une considération importante étant donné que les sources de données non traditionnelles peuvent également être une source de désinformation en matière de santé publique (68) et qu'elles doivent donc faire l'objet d'un examen et d'une évaluation minutieuse avant d'être utilisées.

### Conclusion

Les nouvelles données et méthodes de SSP ont le potentiel d'améliorer la quantité, la précision, l'exhaustivité, l'actualité et l'accessibilité des informations disponibles pour les interventions de santé publique; cependant, la base de données probantes pour soutenir leur utilité dans le monde réel, par opposition aux milieux universitaires, semble faire défaut. D'importants obstacles empêchent la mise en œuvre de nouvelles données et méthodes dans la SSP, qu'il s'agisse de l'équité en matière de santé, de la protection de la vie privée, des préoccupations éthiques, de la formation ou de la disponibilité des données



et des technologies. L'amélioration des mécanismes de gouvernance des données, l'élaboration de politiques claires pour l'utilisation éthique des technologies de l'IA dans la SSP et la formation du personnel de santé publique à l'utilisation responsable des technologies innovantes sont les prochaines étapes importantes vers une plus grande utilisation des nouvelles méthodes et sources de données.

## Déclaration des auteurs

H. R. — Analyse formelle, analyse des données, rédaction–version originale, révision et édition

S. S. — Analyse formelle, analyse des données, rédaction–version originale, révision et édition

C. Z. — Analyse formelle, analyse des données, rédaction–version originale

L. F. — Direction scientifique, supervision, rédaction–révision

D. P. — Direction scientifique, supervision, rédaction–révision

D. B. — Direction scientifique, supervision, rédaction–révision

H. R. et S. S. ont contribué à parts égales et sont considérés comme des co-auteurs principaux. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit définitif.

## Intérêts concurrents

Aucun.

## Remerciements

Nous remercions nos collègues du Laboratoire national de microbiologie et du Réseau mondial d'information en santé publique de l'Agence de la santé publique du Canada pour leur examen du sujet. Nous remercions également la bibliothèque de la santé du Réseau des bibliothèques scientifiques fédérales pour l'aide qu'elle nous a apportée dans notre recherche documentaire.

## Financement

Ce travail a été soutenu par l'Agence de la santé publique du Canada.

## Références

- Centers for Disease Control and Prevention. Introduction to Public Health Surveillance. [Consulté le 9 janv. 2024]. <https://www.cdc.gov/training/publichealth101/surveillance.html>
- Nsubuga P, White ME, Thacker SB, Anderson MA, Blount SB, Broome CV, Chiller TM, Espitia V, Imtiaz R, Sosin D, Stroup DF, Tauxe RV, Vijayaraghavan M, Trostle M. Public Health Surveillance: A Tool for Targeting and Monitoring Interventions. *Dis Control Priorities Dev Ctries*. 2006. [Consulté le 9 janv. 2024]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11770/>
- Agence de la santé publique du Canada. Surveillance. Ottawa, ON : ASPC; 2024. [Consulté le 9 janv. 2024]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/pratique-sante-publique/surveillance.html>
- Sahu KS, Majowicz SE, Dubin JA, Morita PP. NextGen Public Health Surveillance and the Internet of Things (IoT). *Front Public Health* 2021;9:756675. DOI PubMed
- Lavigne M, Mussa F, Creatore MI, Hoffman SJ, Buckeridge DL. A population health perspective on artificial intelligence. *Healthc Manage Forum* 2019;32(4):173–7. DOI PubMed
- Morgenstern JD, Rosella LC, Daley MJ, Goel V, Schünemann HJ, Piggott T. “AI’s gonna have an impact on everything in society, so it has to have an impact on public health”: a fundamental qualitative descriptive study of the implications of artificial intelligence for public health. *BMC Public Health* 2021;21(1):40. DOI PubMed
- Zeng D, Cao Z, Neill DB. Artificial intelligence–enabled public health surveillance—from local detection to global epidemic monitoring and control. In: *Artificial Intelligence in Medicine: Technical Basis and Clinical Applications*. Elsevier Applied Science 2020;437–53. DOI PubMed
- Francombe J, Ali GC, Gloinson ER, Feijao C, Morley KI, Gunashekar S, de Carvalho Gomes H. Assessing the Implementation of Digital Innovations in Response to the COVID-19 Pandemic to Address Key Public Health Functions: Scoping Review of Academic and Nonacademic Literature. *JMIR Public Health Surveill* 2022;8(7):e34605. DOI PubMed
- Aiello AE, Renson A, Zivich PN. Social media- and internet-based disease surveillance for public health. *Annual Rev Public Health* 2020;41:101–18. DOI PubMed
- Pilipiec P, Samsten I, Bota A. Surveillance of communicable diseases using social media: A systematic review. *PLoS One* 2023;18(2):e0282101. DOI PubMed
- Johnson AK, Bhaumik R, Tabidze I, Mehta SD. Nowcasting Sexually Transmitted Infections in Chicago: Predictive Modeling and Evaluation Study Using Google Trends. *JMIR Public Health Surveill* 2020;6(4):e20588. DOI PubMed



12. Sadilek A, Caty S, DiPrete L, Mansour R, Schenk T, Bergtholdt M, Adam Jha A, Ramaswami P, Gabrilovich E. Machine-learned epidemiology: real-time detection of foodborne illness at scale. *npj Digit Med* 2018;1(1). [DOI](#)
13. Keller R, Spanu A, Puhan MA, Flahault A, Lovis C, Mütsch M, Beau-Lejdstrom R. Social media and internet search data to inform drug utilization: A systematic scoping review. *Front Digit Health* 2023;5:1074961. [DOI PubMed](#)
14. Hartnett KP, Kite-Powell A, Patel MT, Haag BL, Sheppard MJ, Dias TP, King BA, Melstrom PC, Ritchey MD, Stein Z, Idaikkadar N, Vivolo-Kantor AM, Rose DA, Briss PA, Layden JE, Rodgers L, Adjemian J. Syndromic Surveillance for E-Cigarette, or Vaping, Product Use-Associated Lung Injury. *N Engl J Med* 2020;382(8):766–72. [DOI PubMed](#)
15. Stolerman LM, Clemente L, Poirier C, Parag KV, Majumder A, Masyn S, Resch B, Santillana M. Using digital traces to build prospective and real-time county-level early warning systems to anticipate COVID-19 outbreaks in the United States. *Sci Adv* 2023;18(9(3):eabq0199. [DOI](#)
16. Espinosa L, Wijermans A, Orchard F, Höhle M, Czernichow T, Coletti P, Hermans L, Faes C, Kissling E, Mollet T. Epi tweeter: Early warning of public health threats using Twitter data. *Euro Surveill* 2022;27(39):2200177. [DOI](#)
17. Shakeri Hossein Abad Z, Kline A, Sultana M, Noaen M, Nurmambetova E, Lucini F, Al-Jefri M, Lee J. Digital public health surveillance: a systematic scoping review. *NPJ Digit Med* 2021;4(1):41. [DOI PubMed](#)
18. Yang S, Santillana M, Brownstein JS, Gray J, Richardson S, Kou SC. Using electronic health records and Internet search information for accurate influenza forecasting. *BMC Infect Dis* 2017;17(1):332. [DOI PubMed](#)
19. Lee L, Desroches M, Mukhi S, Bancej C. ActionGrippe : évaluation d'une application de surveillance du syndrome d'allure grippale à externalisation ouverte pour les saisons grippales canadiennes 2015–2016 à 2018–2019. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2021;47(9):393–400. [DOI](#)
20. Kim AE, Brandstetter E, Wilcox N, Heimonen J, Graham C, Han PD, Starita LM, McCulloch DJ, Casto AM, Nickerson DA, Van de Loo MM, Mooney J, Ilcisin M, Fay KA, Lee J, Sibley TR, Lyon V, Geyer RE, Thompson M, Lutz BR, Rieder MJ, Bedford T, Boeckh M, Englund JA, Chu HY. Evaluating Specimen Quality and Results from a Community-Wide, Home-Based Respiratory Surveillance Study. *J Clin Microbiol* 2021;20;59(5):e02934-20. [DOI](#)
21. Astley CM, Tuli G, Mc Cord KA, Cohn EL, Rader B, Varrelman TJ, Chiu SL, Deng X, Stewart K, Farag TH, Barkume KM, LaRocca S, Morris KA, Kreuter F, Brownstein JS. Global monitoring of the impact of the COVID-19 pandemic through online surveys sampled from the Facebook user base. *Proc Natl Acad Sci USA* 2021;118(51):e2111455118. [DOI PubMed](#)
22. Mitze T, Rode J. Early-stage spatial disease surveillance of novel SARS-CoV-2 variants of concern in Germany with crowdsourced data. *Sci Rep* 2022;12(1):899. [DOI PubMed](#)
23. Relevé des maladies transmissibles au Canada. Actualités sur les maladies infectieuses : Fonds du programme de maladies infectieuses et de changements climatiques. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2020;46(7/8):283. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/rapports-publications/releve-maladies-transmissibles-canada-rmtc/numero-mensuel/2020-46/numero-7-8-2-juillet-2020/actualites-maladies-infectieuses.html>
24. Cull B. Monitoring Trends in Distribution and Seasonality of Medically Important Ticks in North America Using Online Crowdsourced Records from iNaturalist. *Insects* 2022;13(5):404. [DOI PubMed](#)
25. Eritja R, Delacour-Estrella S, Ruiz-Arrondo I, González MA, Barceló C, García-Pérez AL, Lucientes J, Miranda MÁ, Bartumeus F. At the tip of an iceberg: citizen science and active surveillance collaborating to broaden the known distribution of *Aedes japonicus* in Spain. *Parasit Vectors* 2021;14(1):375. [DOI PubMed](#)
26. Pataki BA, Garriga J, Eritja R, Palmer JR, Bartumeus F, Csabai I. Deep learning identification for citizen science surveillance of tiger mosquitoes. *Sci Rep* 2021;11(1):4718. [DOI PubMed](#)
27. Hart CE, Bhaskar JR, Reynolds E, Hermance M, Earl M, Mahoney M, Martinez A, Petzlova I, Esterly AT, Thangamani S. Community engaged tick surveillance and tickMAP as a public health tool to track the emergence of ticks and tick-borne diseases in New York. *PLOS Glob Public Health* 2022;2(6):e0000215. [DOI](#)
28. Runkle JD, Sugg MM, Graham G, Hodge B, March T, Mullendore J, Tove F, Salyers M, Valeika S, Vaughan E. Participatory COVID-19 Surveillance Tool in Rural Appalachia : Real-Time Disease Monitoring and Regional Response. *Public Health Rep* 2021;136(3):327–37. [DOI PubMed](#)



29. Desroches M, Lee L, Mukhi S, Bancej C. Représentativité du programme participatif de surveillance des maladies ActionGrippe, 2015–2016 à 2018–2019 : comment les participants se comparent-ils à la population canadienne? Relevé des maladies transmissibles au Canada 2021;47(9):401–9. [DOI](#)
30. Huang X, Lu J, Gao S, Wang S, Liu Z, Wei H. Staying at Home Is a Privilege: Evidence from Fine-Grained Mobile Phone Location Data in the United States during the COVID-19 Pandemic. *Ann Am Assoc Geogr* 2022;112(1):286–305. [DOI](#)
31. Jay J, Bor J, Nsoesie EO, Lipson SK, Jones DK, Galea S, Raifman J. Neighbourhood income and physical distancing during the COVID-19 pandemic in the United States. *Nat Hum Behav* 2020;4(12):1294–302. [DOI PubMed](#)
32. Cheong SH, Ng YJ, Lau Y, Lau ST. Wearable technology for early detection of COVID-19: A systematic scoping review. *Prev Med* 2022;162:107170. [DOI PubMed](#)
33. Radin JM, Wineinger NE, Topol EJ, Steinhubl SR. Harnessing wearable device data to improve state-level real-time surveillance of influenza-like illness in the USA: a population-based study. *Lancet Digit Health* 2020;2(2):e85–93. [DOI PubMed](#)
34. Al Hossain F, Lover AA, Corey GA, Reich NG, Rahman T. FluSense: A contactless syndromic surveillance platform for influenza-like illness in hospital waiting areas. *Proc ACM Interact Mob Wearable Ubiquitous Technol* 2020;4(1):1. [DOI](#)
35. Wirth FN, Johns M, Meurers T, Prasser F. Citizen-centered mobile health apps collecting individual-level spatial data for infectious disease management: Scoping review. *JMIR Mhealth Uhealth* 2020;8(11):e22594. [DOI PubMed](#)
36. Vannice K, Hood J, Yarid N, Kay M, Harruff R, Duchin J. Accuracy of Medical Examiner's Assessment for Near-Real-Time Surveillance of Fatal Drug Overdoses, King County, Washington, March 2017–February 2018. *Public Health Rep* 2022;137(3):463–70. [DOI PubMed](#)
37. Kilaru P, Hill D, Anderson K, Collins MB, Green H, Kmush BL, Larsen DA. Wastewater Surveillance for Infectious Disease: A Systematic Review. *Am J Epidemiol* 2023;192(2):305–22. [DOI PubMed](#)
38. Wu F, Xiao A, Zhang J, Moniz K, Endo N, Armas F, Bonneau R, Brown MA, Bushman M, Chai PR, Duvallet C, Erickson TB, Foppe K, Ghaeli N, Gu X, Hanage WP, Huang KH, Lee WL, Matus M, McElroy KA, Nagler J, Rhode SF, Santillana M, Tucker JA, Wuertz S, Zhao S, Thompson J, Alm EJ. SARS-CoV-2 RNA concentrations in wastewater foreshadow dynamics and clinical presentation of new COVID-19 cases. *Sci Total Environ* 2022;805:150121. [DOI PubMed](#)
39. Cheng L, Dhiyebi HA, Varia M, Atanas K, Srikanthan N, Hayat S, Ikert H, Fuzzen M, Sing-Judge C, Badlani Y, Zeeb E, Bragg LM, Delatolla R, Giesy JP, Gilliland E, Servos MR. Omicron COVID-19 Case Estimates Based on Previous SARS-CoV-2 Wastewater Load, Regional Municipality of Peel, Ontario, Canada. *Emerg Infect Dis* 2023;29(8):1580–8. [DOI PubMed](#)
40. Morvan M, Jacomo AL, Souque C, Wade MJ, Hoffmann T, Pouwels K, Lilley C, Singer AC, Porter J, Evens NP, Walker DI, Bunce JT, Engeli A, Grimsley J, O'Reilly KM, Danon L. An analysis of 45 large-scale wastewater sites in England to estimate SARS-CoV-2 community prevalence. *Nat Commun* 2022;13(1):4313. [DOI PubMed](#)
41. Peccia J, Zulli A, Brackney DE, Grubaugh ND, Kaplan EH, Casanovas-Massana A, Ko AI, Malik AA, Wang D, Wang M, Warren JL, Weinberger DM, Arnold W, Omer SB. Measurement of SARS-CoV-2 RNA in wastewater tracks community infection dynamics. *Nat Biotechnol* 2020;38(10):1164–7. [DOI PubMed](#)
42. Rousis NI, Li Z, Bade R, McLachlan MS, Mueller JF, O'Brien JW, Samanipour S, Tschärke BJ, Thomaidis NS, Thomas KV. Socioeconomic status and public health in Australia: A wastewater-based study. *Environ Int* 2022;167:107436. [DOI PubMed](#)
43. Kanneganti D, Reinersman LE, Holm RH, Smith T. Estimating sewage flow rate in Jefferson County, Kentucky, using machine learning for wastewater-based epidemiology applications. *Water Supply* 2022;22(12):8434–9. [DOI](#)
44. Xiao A, Wu F, Bushman M, Zhang J, Imakae M, Chai PR, Duvallet C, Endo N, Erickson TB, Armas F, Arnold B, Chen H, Chandra F, Ghaeli N, Gu X, Hanage WP, Lee WL, Matus M, McElroy KA, Moniz K, Rhode SF, Thompson J, Alm EJ. Metrics to relate COVID-19 wastewater data to clinical testing dynamics. *Water Res* 2022;212:118070. [DOI PubMed](#)
45. Zhao L, Zou Y, David RE, Withington S, McFarlane S, Faust RA, Norton J, Xagoraki I. Simple methods for early warnings of COVID-19 surges: lessons learned from 21 months of wastewater and clinical data collection in Detroit, Michigan, United States. *Sci Total Environ* 2023;864:161152. [DOI PubMed](#)





46. Kotlarz N, Holcomb DA, Tanvir Pasha AB, Reckling S, Kays J, Lai YC, Daly S, Palani S, Bailey E, Guidry VT, Christensen A, Berkowitz S, Hoppin JA, Mitasova H, Engel LS, Reyes FL 3<sup>rd</sup>, Harris A. Timing and Trends for Municipal Wastewater, Lab-Confirmed Case, and Syndromic Case Surveillance of COVID-19 in Raleigh, North Carolina. *Am J Public Health* 2023;113(1):79–88. [DOI PubMed](#)
47. Löve AS, Ásgrímsson V, Ólafsdóttir K. Illicit drug use in Reykjavik by wastewater-based epidemiology. *Sci Total Environ* 2022;803:149795. [DOI PubMed](#)
48. Keshaviah A, Hu XC, Henry M. Developing a Flexible National Wastewater Surveillance System for COVID-19 and Beyond. *Environ Health Perspect* 2021;129(4):45002. [DOI PubMed](#)
49. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. Wastewater-based Disease Surveillance for Public Health Action. Washington, DC: The National Academies Press; 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK591714/>
50. Scardoni A, Balzarini F, Signorelli C, Cabitza F, Odone A. Artificial intelligence-based tools to control healthcare associated infections: A systematic review of the literature. *J Infect Public Health* 2020;13(8):1061–77. [DOI](#)
51. Ding Q, Massey D, Huang C, Grady CB, Lu Y, Cohen A, Matzner P, Mahajan S, Caraballo C, Kumar N, Xue Y, Dreyer R, Roy B, Krumholz HM. Tracking Self-reported Symptoms and Medical Conditions on Social Media During the COVID-19 Pandemic: infodemiological Study. *JMIR Public Health Surveill* 2021;7(9):e29413. [DOI PubMed](#)
52. Nobles M, Lall R, Mathes RW, Neill DB. Presyndromic surveillance for improved detection of emerging public health threats. *Sci Adv* 2022;8(44):eabm4920. [DOI PubMed](#)
53. Ward PJ, Rock PJ, Slavova S, Young AM, Bunn TL, Kavuluru R. Enhancing timeliness of drug overdose mortality surveillance: A machine learning approach. *PLoS One* 2019;14(10):e0223318. [DOI](#)
54. Peterson KS, Lewis J, Patterson OV, Chapman AB, Denhalter DW, Lye PA, Stevens VW, Gamage SD, Roselle GA, Wallace KS, Jones M. Automated Travel History Extraction From Clinical Notes for Informing the Detection of Emergent Infectious Disease Events: Algorithm Development and Validation. *JMIR Public Health Surveill* 2021;7(3):e26719. [DOI PubMed](#)
55. Şerban O, Thapen N, Maginnis B, Hankin C, Foot V. Real-time processing of social media with SENTINEL: A syndromic surveillance system incorporating deep learning for health classification. *Inf Process Manage* 2019;56(3):1166–84. [DOI](#)
56. Lee SH, Levin D, Finley PD, Heilig CM. Chief complaint classification with recurrent neural networks. *J Biomed Inform* 2019;93:103158. [DOI PubMed](#)
57. Murphy K, Di Ruggiero E, Upshur R, Willison DJ, Malhotra N, Cai JC, Malhotra N, Lui V, Gibson J. Artificial intelligence for good health: a scoping review of the ethics literature. *BMC Med Ethics* 2021;22(1):14. [DOI](#)
58. Wu JT, Leung K, Lam TT, Ni MY, Wong CK, Peiris JS, Leung GM. Nowcasting epidemics of novel pathogens: lessons from COVID-19. *Nat Med* 2021;27(3):388–95. [DOI PubMed](#)
59. Greene SK, McGough SF, Culp GM, Graf LE, Lipsitch M, Menzies NA, Kahn R. Nowcasting for Real-Time COVID-19 Tracking in New York City: An Evaluation Using Reportable Disease Data From Early in the Pandemic. *JMIR Public Health Surveill* 2021;7(1):e25538. [DOI PubMed](#)
60. Swanson D, Koren C, Hopp P, Jonsson ME, Rø GI, White RA, Grøneng GM. A One Health real-time surveillance system for nowcasting *Campylobacter* gastrointestinal illness outbreaks, Norway, week 30 2010 to week 11 2022. *Euro Surveill* 2022;27(43):2101121. [PubMed](#)
61. Charniga K, Madewell ZJ, Masters NB, Asher J, Nakazawa Y, Spicknall IH. Nowcasting and Forecasting the 2022 U.S. Mpox Outbreak: Support for Public Health Decision Making and Lessons Learned. *medRxiv*. 2023. [DOI](#)
62. Thorpe LE, Chunara R, Roberts T, Pantaleo N, Irvine C, Conderino S, Li Y, Hsieh PY, Gourevitch MN, Levine S, Ofrane R, Spoer B. Building Public Health Surveillance 3.0: Emerging Timely Measures of Physical, Economic, and Social Environmental Conditions Affecting Health. *Am J Public Health* 2022;112(10):1436–45. [DOI](#)
63. Gilbert JP, Ng V, Niu J, Rees EE. Un appel à un cadre éthique lors de l'utilisation des données des médias sociaux pour des applications d'intelligence artificielle dans la recherche en santé publique. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2020;46(6):191–6. [DOI](#)
64. Smolinski MS, Crawley AW, Baltrusaitis K, Chunara R, Olsen JM, Wójcik O, Santillana M, Nguyen A, Brownstein JS. Flu near you: crowdsourced symptom reporting spanning 2 influenza seasons. *Am J Public Health* 2015;105(10):2124–30. [DOI PubMed](#)
65. Bosa K. Statistique Canada. Utilisation responsable de l'apprentissage automatique à Statistique Canada. Ottawa, ON : StatCan; 2022. [Consulté le 23 août 2024]. <https://www.statcan.gc.ca/fr/science-donnees/reseau/apprentissage-automatique>



66. Gouvernement du Canada. Directive sur la prise de décisions automatisée. Ottawa, ON : Gouvernement du Canada; 2023. [Consulté le 23 août 2024]. <https://www.tbs-sct.canada.ca/pol/doc-fra.aspx?id=32592>

68. Knudsen J, Perlman-Gabel M, Uccelli IG, Jeavons J, Chokshi DA. Combating Misinformation as a Core Function of Public Health. *NEJM Catal* 2023;4(2). DOI PubMed

67. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health. Geneva, CH: WHO; 2021. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>

## 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





# Commentaire sur l'adoption d'une approche fondée sur les tests ou sur les syndromes pour la déclaration et la gestion des écloisions en milieu hospitalier et institutionnel

Patrick Galange<sup>1\*</sup>, Richard Mather<sup>2,3</sup>, Barbara Yaffe<sup>1,4</sup>, Michael Whelan<sup>2</sup>, Michelle Murti<sup>1,4</sup>

## Résumé

À l'heure actuelle, l'Ontario, comme la plupart des autres territoires de compétence au Canada, utilise une définition de surveillance basée sur les syndromes pour les écloisions d'infections respiratoires aiguës (IRA) dans les institutions et les hôpitaux publics. Les écloisions confirmées sont définies comme étant soit deux ou plusieurs cas d'IRA en 48 heures avec un lien épidémiologique commun et au moins un cas confirmé en laboratoire, soit trois cas d'IRA survenus en 48 heures avec un lien épidémiologique commun, mais pas nécessairement avec une confirmation en laboratoire. Cependant, avec l'adoption d'approches plus larges basées sur les tests pour les patients/résidents malades tout au long de la pandémie, de nouveaux défis sont apparus concernant la déclaration et la gestion des écloisions d'IRA avec une variété de scénarios dans les résultats des tests respiratoires. Les décisions, y compris la détermination du lien épidémiologique en cas de résultats discordants/négatifs, sont devenues plus compliquées avec l'ajout de résultats de tests propres au virus pour chaque personne malade. La définition des cas d'IRA et les conseils de prise en charge ont été mis à jour en 2018. L'objectif de ce commentaire est de mettre en évidence les tendances épidémiologiques des écloisions d'IRA en Ontario au cours de la saison 2022–2023 par rapport aux saisons antérieures à la pandémie, soit 2018–2019 et 2019–2020. Cette présentation est suivie d'une discussion sur les avantages et les défis liés à la mise en œuvre d'une approche basée sur les tests par rapport à une approche basée sur les syndromes pour les écloisions d'IRA.

**Citation proposée :** Galange P, Mather R, Yaffe B, Whelan M, Murti M. Commentaire sur l'adoption d'une approche fondée sur les tests ou sur les syndromes pour la déclaration et la gestion des écloisions en milieu hospitalier et institutionnel. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2024;50(3/4):115–9.

<https://doi.org/10.14745/ccdr.v50i34a03f>

**Mots-clés :** infections respiratoires, écloision, tests, surveillance syndromique, institutions

## Introduction

Les écloisions d'infections respiratoires dans les hôpitaux et les établissements de soins collectifs sont fréquentes et peuvent avoir des conséquences graves (1,2). Les conséquences sont notamment une augmentation de la morbidité et de la mortalité, des pressions sur les ressources humaines dans le domaine de la santé, des effets psychologiques de l'isolement sur les patients/résidents et leurs familles, ainsi qu'une augmentation des coûts des soins de santé. Il n'est pas surprenant que ces facteurs puissent peser lourdement sur un système de soins de santé déjà mis à rude épreuve (1). L'identification et la gestion efficaces des écloisions sont essentielles pour assurer la sécurité des résidents et du personnel tout en maintenant la qualité de vie.

À l'heure actuelle, l'Ontario, comme la plupart des autres territoires de compétence au Canada, utilise une définition de surveillance basée sur les syndromes pour les écloisions d'infections respiratoires dans les institutions et les hôpitaux publics (3–6). Les écloisions confirmées sont définies comme étant soit deux ou plusieurs cas d'infections respiratoires aiguës (IRA) en 48 heures avec un lien épidémiologique commun et au moins un cas confirmé en laboratoire, soit trois cas d'IRA survenus en 48 heures avec un lien épidémiologique commun, mais pas nécessairement avec une confirmation en laboratoire (3). Cependant, avec l'adoption d'approches plus larges basées sur les tests pour les patients/résidents

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



## Affiliations

<sup>1</sup> Université de Toronto, École de santé publique Dalla Lana, Toronto, ON

<sup>2</sup> Santé publique Ontario, Toronto, ON

<sup>3</sup> Université Queen's, Département de médecine familiale, Kingston, ON

<sup>4</sup> Bureau du médecin hygiéniste en chef, ministère de la Santé, Toronto, ON

## \*Correspondance :

[patrick.galange@mail.utoronto.ca](mailto:patrick.galange@mail.utoronto.ca)



malades tout au long de la pandémie, de nouveaux défis sont apparus concernant la déclaration et la gestion des épidémies d'infections respiratoires avec une variété de scénarios dans les résultats des tests respiratoires. Les décisions, y compris la détermination du lien épidémiologique en cas de résultats discordants/négatifs, l'attribution des cas aux écloisions et la déclaration d'écloisions multiples simultanées sont devenues plus compliquées avec l'ajout de résultats de tests propres au virus pour chaque personne malade. La définition des cas d'infections respiratoires et les conseils de prise en charge ont été mis à jour en 2018. L'objectif de ce commentaire est de mettre en évidence les tendances épidémiologiques des écloisions d'infections respiratoires en Ontario au cours de la saison 2022–2023 par rapport aux saisons antérieures à la pandémie, soit 2018–2019 et 2019–2020. Vient ensuite une discussion sur les problèmes et les lacunes de la gestion actuelle des écloisions, avec une attention particulière pour les considérations relatives aux approches basées sur les syndromes ou sur les tests pour déclarer et gérer les écloisions d'infections respiratoires dans les hôpitaux ainsi que dans les centres d'hébergement, en particulier les résidences pour aînés et les centres de soins de longue durée.

## Résultats

### Changements pour la saison 2022–2023

La prévention, la déclaration et la gestion des écloisions en institution ont fait l'objet d'un certain nombre de changements importants tout au long de la pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19). Ces mesures comprennent, entre autres, le renforcement des mesures de prévention et de contrôle des infections (PCI) (e.g., port du masque universel, utilisation accrue de désinfectant pour les mains à base d'alcool); le soutien potentiel de spécialistes des maladies infectieuses, de la microbiologie médicale, de la santé publique et de PCI; des tests réguliers et plus fréquents pour le personnel; le prolongement de la capacité de test grâce à l'augmentation des heures d'ouverture du laboratoire et du personnel; et une augmentation des tests multipathogènes en 2022–2023, ainsi que l'utilisation systématique de tests antigéniques rapides (TAR) pour la COVID-19 (7,8). Dans l'ensemble, ces procédures et

protocoles peuvent avoir eu un impact sur la taille globale, le taux d'attaque, la durée et/ou la fréquence des écloisions d'infections respiratoires (7).

Il est particulièrement intéressant de noter qu'une approche actualisée des tests a probablement contribué de manière significative aux tendances observées dans les écloisions de pathogènes mixtes et inconnus. Par le passé, seuls les quatre premiers résidents atteints d'une IRA pouvaient être soumis à un test PCR multiplex respiratoire par le laboratoire de Santé publique Ontario, aucun test de routine n'étant effectué sur les résidents malades subséquents dans le cadre de cette écloision. Cependant, tout au long de la pandémie de COVID-19, la province a mis en place un dépistage systématique de COVID-19 pour tous les résidents symptomatiques afin de garantir l'identification de tous les cas, mais le multiplex était toujours limité aux quatre premiers cas. Par la suite, la province a élargi l'admissibilité au dépistage des écloisions d'infections respiratoires à l'automne 2022; en plus des quatre premières personnes admissibles à la PCR multiplex respiratoire, toutes les personnes symptomatiques subséquentes étaient admissibles au dépistage de la COVID-19, de la grippe et du virus respiratoire syncytial (VRS), avec un délai rapide pour les résultats (9).

### Écloisions d'infection respiratoires au cours des saisons 2018–2020 par rapport à 2022–2023

Les données publiquement disponibles de l'Outil de surveillance des virus respiratoires en Ontario au 14 février 2024 sur les écloisions d'infections respiratoires dans les institutions et les hôpitaux publics sont résumées dans le **tableau 1** (10).

Par rapport aux saisons pré-pandémiques 2018–2019 et 2019–2020 (jusqu'au 7 mars 2020), on observe en 2022–2023 une augmentation significative de la proportion d'écloisions à « pathogènes multiples ». De même, en 2022–2023, on a observé une diminution significative de la proportion d'écloisions avec un « agent pathogène inconnu » par rapport aux saisons pré-pandémiques comparables. L'augmentation du nombre d'écloisions impliquant des « pathogènes multiples » est cliniquement pertinente en raison de la durée médiane

**Tableau 1 : Écloisions d'infections respiratoires signalées dans les institutions et les hôpitaux publics<sup>a</sup> et comparaison des proportions d'écloisions<sup>b</sup>, pour les saisons pré-pandémiques 2018-2020 par rapport à 2022–2023<sup>c</sup>**

Type d'écloision	2018–2019	2019–2020	2018–2020 combinés	2022–2023	Khi carré non corrigé	Valeur p (bilatéral)
Total des écloisions	1 643	1 018	2 661	1 679	s.o.	s.o.
Écloisions de pathogènes multiples (proportion du total)	8 (0,5 %)	53 (5,2 %)	61 (2,3 %)	135 (8,0 %)	78,9	< 0,001
Écloisions de pathogènes inconnus (proportion du total)	796 (48,4 %)	353 (34,7 %)	1 149 (43,2 %)	193 (11,5 %)	483,8	< 0,001

Abréviation : s.o., sans objet

<sup>a</sup> Au total, écloisions d'agents pathogènes multiples et inconnus

<sup>b</sup> Proportion d'agents pathogènes multiples et inconnus

<sup>c</sup> Intervalles de dates : 2018–2019 (du 26 août 2018 au 24 août 2019), 2019–2020 (du 25 août 2019 au 7 mars 2020), 2018–2020 combinés (jusqu'au 7 mars 2020 en 2019–2020), 2022–2023 (du 28 août 2022 au 26 août 2023)

Remarque : Ce tableau n'inclut pas les écloisions de COVID-19, même pour les écloisions à pathogènes multiples et les écloisions à pathogènes inconnus





historiquement plus longue des éclosions par rapport à ceux n'impliquant qu'un seul pathogène (1). La diminution des éclosions de « pathogènes inconnus » est également pertinente d'un point de vue clinique, car les interventions propres aux virus (e.g., la prophylaxie ou l'application de périodes d'incubation propres aux virus lors de la déclaration de la fin d'une éclosion) peuvent être appliquées lorsqu'il existe un virus causal connu.

Les tests améliorés sont probablement à l'origine de l'évolution des tendances en matière d'éclosions de pathogènes multiples et inconnus. Toutefois, le renforcement des tests peut également avoir entraîné d'autres tendances dans les éclosions pour lesquels les données ne sont pas publiquement disponibles, telles que des modifications des taux d'attaque si l'inclusion des cas est basée sur les résultats des tests plutôt que sur les symptômes ou si le renforcement des tests a été appliqué à des personnes légèrement symptomatiques (non IRA), et/ou des modifications de la durée des éclosions si elle est basée sur le dernier cas confirmé en laboratoire par rapport au dernier cas symptomatique (7).

## Discussion

### Gestion des éclosions d'infections des voies respiratoires basée sur les syndromes ou sur les tests

Les tendances de la saison 2022–2023 justifient une discussion sur les problèmes et les lacunes des approches de définition et de gestion des éclosions basées sur les syndromes ou sur les tests, couramment utilisées au Canada. Tout d'abord, dans un scénario idéal, cela permet au système de santé de cibler et de gérer de manière exhaustive les agents causaux pour toutes les personnes malades dans le cadre de l'éclosion. Alors que les tests multiplex historiques portant uniquement sur les cas initiaux d'une éclosion (e.g., les tests des « quatre premiers » en Ontario) étaient suffisants pour la majorité des éclosions, le déclin des éclosions de « pathogènes inconnus » dans les établissements en 2022–2023 suggère que des tests supplémentaires permettent de cibler un virus causal dans une plus grande proportion d'éclosions. Au niveau individuel, l'identification de la grippe ou de la COVID-19 permet d'initier avec précision l'oseltamivir ou le nirmatrelvir/ritonavir, respectivement, qui sont des interventions à la fois rapides et vitales. De même, les prestataires peuvent plus facilement mettre en place une prophylaxie antivirale pour supprimer les éclosions de grippe et éviter de mettre en place ou d'utiliser une prophylaxie antivirale pour les éclosions non grippales (11).

Un deuxième avantage de l'approche basée sur les tests est la meilleure compréhension de l'épidémiologie de l'infection respiratoire pour les futurs programmes de vaccination et de thérapie, comme pour le VRS. Par exemple, les tests améliorent l'évaluation de la prévalence du VRS dans les populations des

établissements, ce qui permet d'envisager un programme de vaccination contre le VRS avec les prochains vaccins contre le VRS (12). Troisièmement, les approches syndromiques existantes s'appuient sur la définition de l'IRA pour inclure les cas dans une éclosion. Certaines populations, comme les personnes âgées, peuvent ne pas présenter les symptômes « classiques » d'une IRA. Ces cas peuvent passer inaperçus si l'on s'appuie sur une approche syndromique et qu'ils ne sont pas testés, mais ils seraient pris en compte si l'on utilisait une approche basée sur les tests (13). Il convient de noter que cet argument perd de sa pertinence lorsqu'on applique une définition de cas syndromique plus sensible, qui inclut des symptômes non respiratoires tels qu'une diminution de la fonction ou une augmentation des chutes.

Inversement, l'approche fondée sur les tests pose également des problèmes. Tout d'abord, la prise de décision est plus difficile et prend plus de temps pour la gestion des éclosions lorsqu'il s'agit d'effectuer un test sur chaque personne symptomatique plutôt que de présumer leur lien avec l'éclosion et de les gérer en conséquence. L'initiation du traitement et de la prophylaxie risque d'être retardée si l'équipe chargée de la gestion de l'éclosion doit désormais attendre les résultats des tests individuels au lieu de procéder à un traitement empirique. Deuxièmement, bien que les tests supplémentaires puissent optimiser l'utilisation des ressources à long terme, leur coût initial n'est pas négligeable (14). Les décideurs en matière de financement de la santé publique doivent prendre en compte les coûts par rapport aux avantages d'une utilisation accrue des tests PCR multiplex respiratoires et/ou par groupe pour la COVID-19, la grippe, le VRS (15). Troisièmement, il n'est pas certain que les approches fondées sur des tests améliorent les principaux résultats, tels que la morbidité et la mortalité, en cas d'éclosion. Toutefois, la diminution de la fréquence des éclosions de « pathogènes multiples » pourrait réduire la durée des éclosions et diminuer les restrictions imposées aux programmes de loisirs, ce qui améliorerait considérablement la qualité de vie des résidents. Quatrièmement, les modifications proposées pourraient en fait entraîner une diminution du nombre d'éclosions déclarées comme ayant des « agents pathogènes multiples ». Elles pourraient plutôt être considérées comme de multiples éclosions simultanées, ce qui augmenterait le nombre total d'éclosions déclarées. Cinquièmement, cette méthode de test pourrait conduire le personnel à accorder trop d'importance aux résultats des tests, au détriment de l'évaluation du patient dans son ensemble. Enfin, les approches fondées sur les tests doivent aborder l'interprétation des résultats négatifs et les situations dans lesquelles les personnes ne sont pas testées, alors qu'un organisme précis est identifié chez d'autres patients/résidents. Prenons l'exemple de deux patients atteints d'une IRA et liés sur le plan épidémiologique, dont l'un a un résultat de test positif à la grippe et l'autre, négatif. Cette situation répondrait techniquement à la définition actuelle de l'éclosion en Ontario, en fonction de la force déterminée du « lien épidémiologique » entre les deux cas et de la présomption que le test négatif est



un « faux négatif », éventuellement attribuable à une mauvaise technique ou à un mauvais moment pour le prélèvement de l'échantillon. Historiquement, aucun test supplémentaire n'était effectué une fois l'écllosion de grippe déclarée. Il déclencherait alors l'instauration d'une chimioprophylaxie antivirale pour l'ensemble de la zone touchée par l'écllosion, ainsi qu'un traitement antiviral pour toutes les personnes nouvellement symptomatiques (8). Toutefois, si les résidents malades qui ont suivi ont tous été testés et les résultats se sont révélés négatifs (ou positifs pour un virus différent), la gestion de l'écllosion basée sur la grippe pourrait être jugée inutile et interrompue.

## Conclusion

Les écllosions d'infections respiratoires dans les hôpitaux et les institutions sont fréquentes et peuvent être graves. À la suite de la pandémie de COVID-19, un certain nombre de changements ont été apportés à l'identification et à la prise en charge des écllosions d'infections respiratoires dans ces contextes après la dernière mise à jour des lignes directrices en 2018 (avant la pandémie) et la saison respiratoire 2022–2023 en Ontario. Ce commentaire explore les avantages et les défis liés à l'adoption d'une approche de la déclaration et de la gestion des écllosions davantage basée sur les tests que sur les syndromes. Davantage de données et d'évaluations sont nécessaires pour déterminer si l'utilisation d'approches fondées sur des tests plus nombreux a un impact significatif sur les résultats de la gestion des écllosions et si elle est rentable. Par exemple, il serait important de classer ces impacts entre les différents types d'établissements, ainsi que de tenir compte de toute différence dans les capacités du personnel et les populations de patients. En fin de compte, l'exploration des méthodes basées sur les tests par rapport aux méthodes syndromiques traditionnelles souligne la nécessité d'une approche nuancée qui non seulement améliore l'efficacité de la gestion des écllosions, mais améliore également de manière significative la qualité de vie des résidents, ce qui se traduit par de meilleurs résultats globaux en matière de santé.

## Déclaration des auteurs

P. G. — Conceptualisation, analyse, interprétation des données, rédaction—version originale, rédaction—révision et édition

R. M. — Conceptualisation, analyse, interprétation des données, rédaction—révision et édition

B. Y. — Analyse, rédaction—révision et édition

M. W. — Interprétation des données, rédaction—révision et édition

M. M. — Conceptualisation, analyse, interprétation des données, rédaction—révision et édition

Le contenu de cet article et les opinions qui y sont exprimées n'engagent que les auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux du gouvernement du Canada.

## Intérêts concurrents

Aucun.

## Remerciements

Un grand merci à tous ceux qui, dans l'ensemble de l'Ontario et à Santé publique Ontario, contribuent à la surveillance des virus respiratoires.

## Financement

Aucun.

## Références

1. Paphitis K, Achonu C, Callery S, Gubbay J, Katz K, Muller M, Sachdeva H, Warshawsky B, Whelan M, Garber G, Murti M. Au-delà de la grippe : Tendances des écllosions d'infections respiratoires dans les établissements de soins de santé de l'Ontario de 2007 à 2017, et implications pour la gestion des écllosions non grippales. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2021;47(5/6):294–301. [DOI PubMed](#)
2. Childs A, Zullo AR, Joyce NR, McConeghy KW, van Aalst R, Moyo P, Bosco E, Mor V, Gravenstein S. The burden of respiratory infections among older adults in long-term care: a systematic review. *BMC Geriatr* 2019;19(1):210. [DOI PubMed](#)
3. Ministère de la santé. Appendix 1: Respiratory Infection Outbreaks in Institutions and Public Hospitals 2023. Toronto, ON : MSO; 2023. [Consulté le 12 juin 2023]. <https://www.ontario.ca/files/2023-12/moh-ophs-respiratory-infection-outbreaks-en-2023.pdf>
4. Agence de la santé publique du Canada. Grippe (influenza) : Surveillance ÉpiGrippe. Ottawa, ON : ASPC; 2023. [Consulté le 21 août 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/grippe-influenza/surveillance-influenza.html>
5. Provincial Infection Control Network of British Columbia. Respiratory infection outbreak guidelines for health care facilities. Vancouver, BC: PICNet; 2018. [Consulté le 21 août 2023]. [https://www.picnet.ca/wp-content/uploads/Respiratory-Infection-Outbreak-Guidelines-for-Healthcare-Facilities\\_November-2018.pdf](https://www.picnet.ca/wp-content/uploads/Respiratory-Infection-Outbreak-Guidelines-for-Healthcare-Facilities_November-2018.pdf)
6. Alberta Health Services. Guide for Outbreak Prevention and Control in Long Term Care, Designated Supportive Living and Hospice Sites. Edmonton, AB: AHS; 2023. [Consulté le 21 août 2023]. <https://www.albertahealthservices.ca/assets/info/hp/cdc/if-hp-cdc-ob-guide-for-outbreak-prevention-and-control-ltc-dsl-hospice.pdf>



7. Provincial Infectious Diseases Advisory Committee on Infection Prevention and Control. Non-COVID respiratory outbreaks. Toronto, ON: PIDAC-IPC; 2023. [Consulté le 12 juin 2023].
8. Ministère de la santé. Appendice 1 : Lutte contre les éclosons d'infections respiratoires dans les foyers de soins de longue durée, 2018. Toronto, ON : MSO; 2018. [Consulté le 12 juin 2023]. <https://files.ontario.ca/moh-ophs-ref-control-respiratory-infection-outbreaks-ltc-homes-2018-fr.pdf>
9. Santé Publique Ontario. Respiratory viruses (including influenza). Toronto, ON : SPO; 2023. [Consulté le 20 juillet 2023]. <https://www.publichealthontario.ca/fr/Laboratory-Services/Test-Information-Index/Virus-Respiratory>
10. Santé Publique Ontario. Outil de surveillance des virus respiratoires en Ontario. Toronto, ON : SPO; 2024. [Consulté le 14 février 2024 ]. <https://www.publichealthontario.ca/fr/Data-and-Analysis/Infectious-Disease/Respiratory-Virus-Tool>
11. Ye M, Jacobs A, Khan MN, Jaipaul J, Oda J, Johnson M, Doroshenko A. Evaluation of the use of oseltamivir prophylaxis in the control of influenza outbreaks in long-term care facilities in Alberta, Canada: a retrospective provincial database analysis. *BMJ Open* 2016;6(7):e011686. DOI PubMed
12. Erickson LJ, De Wals P, Farand L. An analytical framework for immunization programs in Canada. *Vaccine* 2005;23(19):2470–6. DOI PubMed
13. Babcock HM, Merz LR, Fraser VJ. Is influenza an influenza-like illness? Clinical presentation of influenza in hospitalized patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2006;27(3):266–70. DOI PubMed
14. Pinsky BA, Hayden RT. Cost-effective respiratory virus testing. *J Clin Microbiol* 2019;57(9):e00373-19. DOI PubMed
15. Gouvernement de l'Ontario. Loi sur la protection et la promotion de la santé, L.R.O. 1990, chap. H.7. Toronto, ON : Gouvernement de l'Ontario; 2023. [Consulté le 18 juin 2023]. <https://www.ontario.ca/fr/lois/loi/90h07>



 Agence de la santé publique du Canada Public Health Agency of Canada

**Canada**

Aimeriez-vous publier un article dans le **RMTC**?

Faites-nous parvenir votre manuscrit!

**RMTC** RELEVÉ DES MALADIES TRANSMISSIBLES AU CANADA

Visite : [phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/ia-ra-fra.php](https://phac-aspc.gc.ca/publicat/ccdr-rmtc/ia-ra-fra.php)



# Impact de la pandémie de COVID-19 sur les voyages aériens à destination du Canada

Vanessa Gabriele-Rivet<sup>1\*</sup>, Erin Rees<sup>1</sup>, Afnan Rahman<sup>1</sup>, Rachael M Milwid<sup>1</sup>

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



## Affiliation

<sup>1</sup> Laboratoire national de microbiologie, Agence de la santé publique du Canada, Saint-Hyacinthe, QC

## \*Correspondance :

[vanessa.gabriele-rivet@phac-aspc.gc.ca](mailto:vanessa.gabriele-rivet@phac-aspc.gc.ca)

## Résumé

**Contexte :** Les voyages aériens commerciaux peuvent entraîner une dispersion mondiale des maladies infectieuses. Pendant la pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19), de nombreux pays ont mis en œuvre des mesures frontalières, y compris des restrictions sur les voyages aériens, afin de réduire le risque d'importation de la COVID-19. Dans le contexte des voyages aériens à destination du Canada, cette étude visait à : 1) caractériser les tendances des voyages avant et pendant la pandémie, et 2) évaluer statistiquement l'association entre les volumes de voyageurs et les restrictions de voyage pendant la pandémie.

**Méthodes :** Les données mensuelles sur les transports aériens commerciaux de mars 2017 à février 2023 ont été obtenues auprès de l'Association du transport aérien international (IATA). Les tendances des voyages vers le Canada au niveau national et dans les aéroports ont été caractérisées par le nombre de voyageurs entrants, le nombre de pays contribuant aux voyages et le classement des dix premiers pays contribuant aux voyages au cours de la période d'étude, par six groupes de sous-périodes annuelles (trois sous-périodes prépandémiques et trois pandémiques). En utilisant des modèles autorégressifs à moyennes mobiles intégrés saisonniers (ARMMI-S), les analyses de séries chronologiques interrompues (SCI) ont évalué l'association entre les principales restrictions de voyage et le nombre de voyageurs en incluant des variables pour représenter les changements de niveau et de pente de la série chronologique.

**Résultats :** Le volume des voyageurs entrant au Canada avant la pandémie a augmenté de 3 à 7 % entre les sous-périodes consécutives, avec trois pics saisonniers (juillet-août, décembre-janvier, mars). Au début de la pandémie, le nombre des voyageurs a diminué de 90 %, et le nombre de pays contributeurs a passé d'environ 200 à 140, suivi d'une lente reprise du volume et de la saisonnalité. Une perturbation dans le classement des pays d'où provenaient des voyageurs a également été constatée au cours de la pandémie. Les résultats de l'analyse SCI concordent avec les restrictions de voyage comme suit : la mise en œuvre des restrictions en mars 2020 a coïncidé avec une forte réduction du nombre de voyageurs, alors que l'assouplissement des principales restrictions, qui a débuté par l'autorisation pour les voyageurs entièrement vaccinés en provenance des États-Unis d'entrer au Canada en août 2021, a coïncidé avec une augmentation du nombre de voyageurs. Vers la fin de la période d'étude, les résultats descriptifs et statistiques suggèrent un quasi-retour aux tendances de voyages observées avant le début de la pandémie.

**Conclusion :** Les résultats de l'étude suggèrent une résilience dans le transport aérien commercial vers le Canada. Bien que la pandémie de COVID-19 ait perturbé les tendances en matière de voyages, l'assouplissement des restrictions semble avoir permis la réapparition des tendances antérieures à la pandémie. L'acquisition d'une meilleure compréhension des tendances du transport aérien, tel qu'exploré dans cette étude, peut fournir des renseignements qui soutiennent les efforts de préparation et de réponse aux situations d'urgence visant à réduire le risque d'importation d'agents pathogènes infectieux.



**Citation proposée :** Gabriele-Rivet V, Rees E, Rahman A, Milwid RM. Impact de la pandémie de COVID-19 sur les voyages aériens à destination du Canada. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2024;50(3/4):120–7. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v50i34a04f>

**Mots-clés :** volume de voyageurs, circulation aérienne commerciale, IATA, ARMMI-S, analyse de séries chronologiques interrompues, restrictions de voyage, Canada, COVID-19

## Introduction

Le volume et l'interconnectivité des voyages aériens dans le monde ont augmenté entre 2010 et 2019 (1) et étaient prévus de continuer de croître avant le début de la pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) (2). Alors que l'augmentation de la connectivité mondiale favorise la collaboration internationale, le commerce et le développement socio-économique global du monde, elle accroît également la propagation de maladies infectieuses potentielles (1,3), telles que la dengue (4), le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) (5) et la grippe (6). Plus récemment, le coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS-CoV-2), agent hautement transmissible responsable de la COVID-19, s'est rapidement propagé dans le monde entier après avoir été détecté à Wuhan, en Chine, à la fin de l'année 2019. En réaction, de nombreux pays ont mis en place des restrictions de voyage afin de limiter sa propagation.

Le 21 mars 2020, le gouvernement du Canada a introduit des restrictions de voyage pour les étrangers entrant au Canada (7). Durant la pandémie, d'autres mesures frontalières ont été mises en œuvre à l'échelle du Canada pour les voyageurs entrant au Canada afin de minimiser le risque d'importation de la COVID-19, notamment la suspension des vols en provenance de certains pays (8), des tests moléculaires pour le SRAS-CoV-2 avant le départ pour le Canada et à l'arrivée au Canada et une période de quarantaine obligatoire de 14 jours pour les voyageurs arrivant au Canada (9). Certains voyageurs ont été exemptés de ces mesures en raison du motif de leur voyage, incluant la livraison de services, de fournitures et d'équipements essentiels (7). Le 9 août 2021 a marqué le début de l'assouplissement des principales restrictions de voyage, avec l'autorisation pour les voyageurs non essentiels entièrement vaccinés en provenance des États-Unis d'entrer dans le pays (9,10). La levée de toutes les restrictions de voyage a été achevée le 1<sup>er</sup> octobre 2022, de même que d'autres mesures frontalières de dépistage, de quarantaine et d'isolement (11).

Dans cette étude, les tendances temporelles des voyages aériens commerciaux au Canada de mars 2017 à février 2023 ont été analysées pour mieux comprendre l'impact de la pandémie sur la circulation aérienne. Les objectifs de l'étude étaient les suivants : 1) décrire les tendances de voyage à destination du Canada avant et pendant la pandémie de COVID-19, et 2) utiliser une analyse de séries chronologiques interrompues (SCI) pour évaluer statistiquement l'association entre le volume de voyageurs entrant au Canada et la mise en œuvre et la levée des restrictions de voyage (modélisées par des changements de niveau et de

penne). Les résultats de l'étude ont des implications pour la compréhension de la résilience du système de transport aérien face au facteur de stress externe d'une pandémie mondiale.

## Méthodes

### Données

Les données relatives au volume de passagers aériens commerciaux, agrégées au niveau mensuel, ont été obtenues auprès de l'Association du transport aérien international (IATA) pour la période allant de mars 2017 à février 2023. L'IATA est l'association des compagnies aériennes commerciales et fournit des analyses de leur circulation aérienne. Les données, qui proviennent d'environ 300 compagnies aériennes, représentent 83 % de la circulation aérienne mondiale depuis 2016 (12). Les données sont présentées sous forme de nombre de passagers pour chaque itinéraire de vol, qui peut comprendre une à cinq escales entre l'aéroport d'origine et l'aéroport de destination finale. Pour cette étude, les données de l'IATA ont été réduites pour n'inclure que les voyages à destination du Canada.

### Analyse descriptive

Les données sur les voyages aériens à destination du Canada sont présentées au niveau national et au niveau des aéroports, ce dernier étant constitué des voyages au quatre plus grands aéroports canadiens en tant que destination finale : L'aéroport international Pearson de Toronto, l'aéroport international Pierre Elliot Trudeau de Montréal, l'aéroport international de Vancouver et l'aéroport international de Calgary. Les données de l'IATA ont été divisées en six sous-périodes annuelles commençant en mars, afin de coïncider avec la mise en œuvre des premières restrictions au transport aérien. Les sous-périodes pré-pandémiques allaient de mars 2017 à février 2018 (sous-période –3), de mars 2018 à février 2019 (sous-période –2) et de mars 2019 à février 2020 (sous-période –1). Les sous-périodes pandémiques allaient de mars 2020 à février 2021 (sous-période 1), de mars 2021 à février 2022 (sous-période 2) et de mars 2022 à février 2023 (sous-période 3).

Le nombre de voyageurs pour chaque sous-période et la variation en pourcentage du volume de passagers entre les sous-périodes consécutives sont présentées. Pour étudier les tendances saisonnières de la circulation aérienne, le volume des voyageurs et le nombre total de pays contribuant au volume des voyageurs sont également présentés au niveau mensuel





pour les six sous-périodes. Enfin, des cartes thermiques ont été générées au niveau national et au niveau des aéroports afin de comparer visuellement le classement des dix premiers pays contribuant aux voyages au cours de chaque sous-période. Les pays ont été classés dans l'une des sept catégories de volume de voyageurs, qui ont été déterminées en étudiant la distribution du volume total de voyageurs entrant au Canada.

## Analyse statistique

Une analyse SCI utilisant des modèles autorégressifs à moyennes mobiles intégrés saisonniers (ARMMI-S) (13) a été réalisée pour évaluer l'association entre les principales restrictions de voyage et le nombre mensuel de voyageurs entrant au Canada. Aux fins de cette analyse, les principales restrictions de voyage sont définies comme des mesures applicables à la majorité des voyageurs non essentiels (e.g., les restrictions fondées sur le statut vaccinal). Nous n'incluons donc pas dans cette définition les avis aux navigants aériens (NOTAM) qui, lorsqu'ils ont été utilisés pendant la pandémie, ne s'appliquaient qu'à une petite partie des voyageurs et ne devaient donc pas avoir un impact important sur le volume de voyageurs.

Les données des séries chronologiques ont fréquemment une dépendance temporelle (connu sous le nom d'autocorrélation). Les modèles ARMMI-S sont couramment utilisés dans l'analyse des séries chronologiques de données sur les voyages aériens (14,15) puisqu'ils présentent l'avantage de tenir compte de la saisonnalité et d'autres formes d'autocorrélation. Ainsi, l'approche de modélisation ARMMI-S est une méthode robuste pour évaluer l'impact d'une intervention sur la variable temporelle d'intérêt contrairement à la SCI traditionnelle de régression segmentée, pour laquelle l'hypothèse d'observations indépendantes est souvent violée. Le modèle est exprimé sous la forme ARMMI-S ( $p, d, q$ )  $\times$  ( $P, D, Q$ )<sub>s</sub> où « s » correspond au nombre d'observations par saison et les paramètres  $p, d$  et  $q$  correspondent respectivement à l'ordre du processus autorégressif, au degré de différenciation et à l'ordre du processus de moyenne mobile. De plus,  $P, D$  et  $Q$  représentent les termes analogues pour les composantes saisonnières.

Le principe d'une approche SCI est d'évaluer si les données observées divergent des données ajustées par le modèle lorsqu'on tient compte de l'effet d'une intervention. Pour les présentes analyses, l'hypothèse a été émise que les effets d'intervention des restrictions de voyage pouvaient être modélisés par deux types de variables, changement de niveau et changement de pente (13). Deux changements de niveau ont été utilisés pour tenir compte de la chute importante du nombre de voyageurs en mars et avril 2020, respectivement. Deux changements de niveau ont été nécessaires, car les restrictions de voyage mises en œuvre le 21 mars 2020 n'ont eu qu'un impact partiel sur le volume total des voyageurs durant ce mois. Un changement de pente a été utilisé pour saisir la hausse du nombre de voyageurs à partir d'août 2021, afin de coïncider avec le premier assouplissement des principales restrictions de voyage,

c'est-à-dire l'autorisation pour les voyageurs non essentiels entièrement vaccinés des États-Unis d'entrer dans le pays. Le modèle SCI a été comparé à un modèle d'hypothèse nulle ( $H_0$ ) qui n'incluait pas les variables de changement de niveau et de pente. Les meilleurs modèles, avec les paramètres ARMMI-S, ont été sélectionnés en tenant compte de l'autocorrélation à l'aide de la fonction de prévision auto.arima du progiciel R (16,17). La normalité, l'absence d'hétéroscédasticité et l'autocorrélation des résidus des modèles ont été évaluées à l'aide d'un graphique de l'évolution des résidus dans le temps, d'un histogramme, d'un graphique de la fonction d'autocorrélation et du test de Ljung-Box pour l'autocorrélation. Les valeurs  $p$  inférieures à 0,05 ont été considérées comme statistiquement significatives pour tous les tests statistiques. Les modèles SCI et  $H_0$  ont été comparés en utilisant l'écart moyen quadratique (EMQ) et l'erreur moyenne absolue (EMA) (18). Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique R, version 4.2.1 (19).

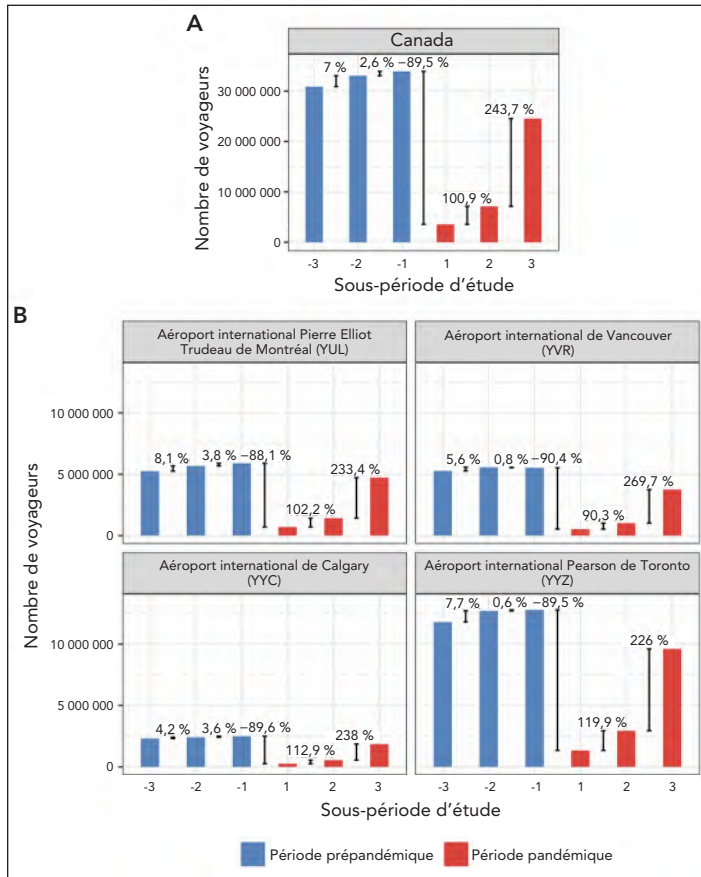
## Résultats

Avant la pandémie de COVID-19, le nombre total des voyageurs aériens entrant au Canada a augmenté au fil du temps, avec une hausse de 7 % entre la sous-période -3 et la sous-période -2 pré-pandémiques, et une hausse de 3 % entre la sous-période -2 et la sous-période -1 pré-pandémiques. Au cours de la sous-période pré-pandémique -1, plus de 33,9 millions de voyageurs sont entrés au Canada. Le début de la pandémie de COVID-19 a entraîné une diminution de 90 % du volume de la circulation aérienne, avec moins de 4 millions de voyageurs entrant au Canada au cours de la sous-période pandémique 1. Le volume des voyageurs a ensuite augmenté pendant le reste de la période d'étude (une augmentation de 101 % de la sous-période 1 à la sous-période 2 pandémiques, et une augmentation de 244 % de la sous-période 2 à la sous-période 3 pandémiques), ce qui a permis une lente reprise pour atteindre des niveaux proches de la pré-pandémie lors de la sous-période pandémique 3 (24,5 millions de voyageurs; **figure 1**). Des tendances similaires ont été observées au niveau des aéroports, où la plupart des voyageurs (38 %–41 % par an) ont atterri à l'aéroport international Pearson de Toronto, suivi de l'aéroport international Pierre Elliot Trudeau de Montréal (17 %–20 % par an), de l'aéroport international de Vancouver (14 %–17 % par an) et, enfin, de l'aéroport international de Calgary (7 %–8 % par an).

Durant les sous-périodes pré-pandémiques, le volume mensuel des voyageurs entrants au niveau national et au niveau des aéroports était cyclique, avec des pics en été (juillet–août), en hiver (décembre–janvier) et à la fin de l'hiver/début du printemps (mars). Bien que fortement atténuées, ces tendances semblent se poursuivre tout au long de la pandémie, avec une hausse du volume des voyageurs perceptible surtout pendant les mois d'été et d'hiver. Des tendances similaires ont été observées au niveau des aéroports (**figure 2**).



Figure 1 : Volume total des voyageurs par sous-période d'étude et variation en pourcentage entre les sous-périodes consécutives pour A) le Canada et B) chacun des quatre plus grands aéroports canadiens comme destination finale

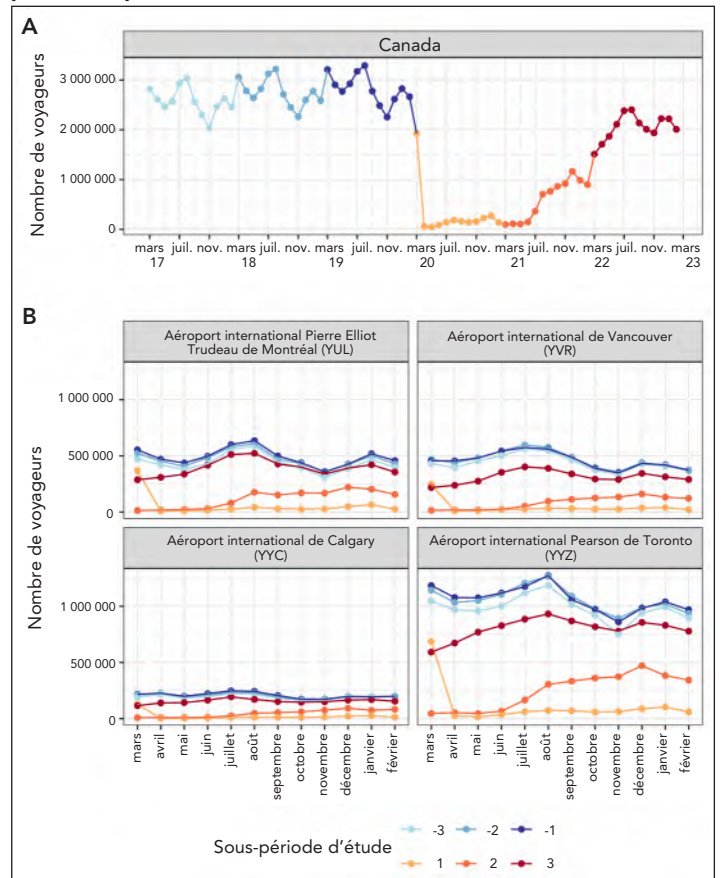


Remarque : Les sous-périodes couvrent la période d'étude pré-pandémique (sous-période -3 : mars 2017-février 2018, sous-période -2 : mars 2018-février 2019, et sous-période -1 : mars 2019-février 2020) et la période d'étude pandémique (sous-période 1 : mars 2020-février 2021, sous-période 2 : mars 2021-février 2022, et sous-période 3 : mars 2022-février 2023)

Contrairement au nombre de voyageurs, les tendances saisonnières pour le nombre de pays contribuant aux voyages vers le Canada n'étaient pas évidentes. Avant la pandémie de COVID-19, les voyageurs en provenance d'environ 200 pays contribuaient aux voyages à destination du Canada chaque mois, pour passer à environ 140 pays en avril et à environ 125 pays en juin 2020. À partir de juin 2020, une hausse du nombre de pays contributeurs est observée, pour finalement atteindre au cours de la sous-période pandémique 3 des valeurs comparables à la période pré-pandémique au niveau national et pour tous les aéroports, à l'exception des aéroports internationaux de Calgary et de Vancouver (figure 3).

La majorité des voyageurs aériens provient invariablement des États-Unis, tant au niveau national qu'au niveau des aéroports, tout au long de la période étudiée. Avant la pandémie de COVID-19, le classement des dix premiers pays contribuant aux voyages entrants était relativement stable entre les sous-périodes, même si une variation était notable d'un aéroport

Figure 2 : Volume des voyageurs entrant A) au Canada et B) à chacun des quatre plus grands aéroports canadiens comme destination finale, réparti par mois et par sous-période d'étude



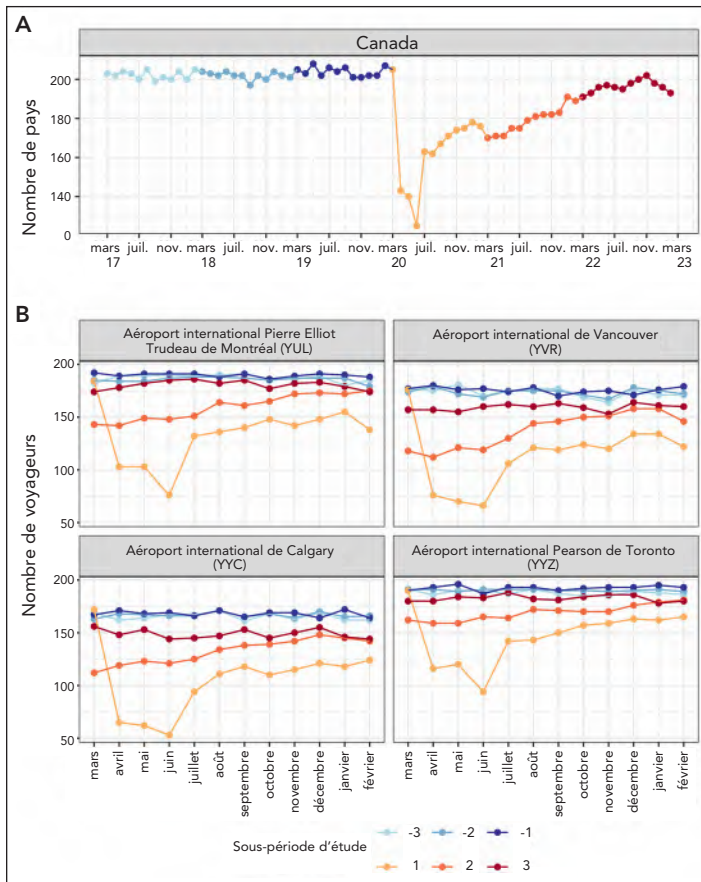
Remarque : La période d'étude a été divisée en six sous-périodes : pré-pandémiques (sous-période -3 : mars 2017-février 2018, sous-période -2 : mars 2018-février 2019, et sous-période -1 : mars 2019-février 2020) et pandémiques (sous-période 1 : mars 2020-février 2021, sous-période 2 : mars 2021-février 2022, et sous-période 3 : mars 2022-février 2023)

à l'autre. Au début de la pandémie, une forte diminution du volume de voyageurs par pays d'origine a été constatée, ainsi qu'une perturbation dans le classement des dix premiers pays contribuant aux voyages au niveau national et au niveau des aéroports pendant toute la durée de la pandémie. Par exemple, certains pays ont fait apparition dans le classement des dix pays contributeurs durant la période pandémique (e.g., les Émirats arabes unis pour l'aéroport international Pearson de Toronto). D'autres pays sont demeurés dans les dix pays contributeurs mais ont changé de position dans leur classement (e.g., les Pays-Bas pour l'aéroport international de Calgary) (figure 4).

Les modèles H<sub>0</sub> et SCI sélectionnés étaient respectivement ARMMI-S (0,1,1) x (1,0,0)<sub>12</sub> et ARMMI-S (2,0,0) x (2,1,0)<sub>12</sub>. Pour le SCI, les variables incluses pour modéliser l'impact de la mise en œuvre des restrictions de voyage sur le nombre de voyageurs aériens à destination du Canada étaient statistiquement significatives (i.e., deux changements de niveau estimant une réduction du nombre de voyageurs pour mars 2020 et avril 2020). Une augmentation de la pente du



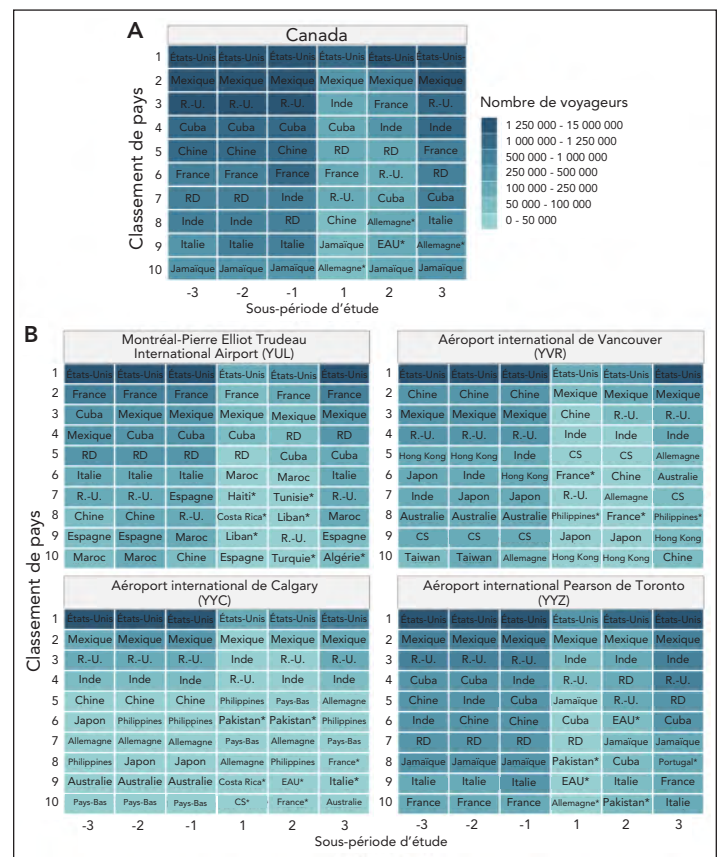
Figure 3 : Nombre mensuel de pays contribuant aux voyages vers A) le Canada et B) les quatre plus grands aéroports canadiens comme destination finale



Remarque : Les tendances ont été comparées entre les sous-périodes de l'étude : pré-pandémiques (sous-période -3 : mars 2017–février 2018, sous-période -2 : mars 2018–février 2019, et sous-période -1 : mars 2019–février 2020) et pandémiques (sous-période 1 : mars 2020–février 2021, sous-période 2 : mars 2021–février 2022, et sous-période 3 : mars 2022–février 2023)

nombre de voyageurs en août 2021 par rapport à ce qui était attendu en l'absence de restrictions de voyage était également statistiquement significative (matériel supplémentaire). Les résultats des tests de Ljung-Box suggèrent une absence d'autocorrélation pour les modèles  $H_0$  et SCI ( $Q^* = 7,6141$ , dérive = 12, décalage = 14, valeur  $p = 0,815$ ;  $Q^* = 7,2782$ , dérive = 10, décalage = 14, valeur  $p = 0,699$ ). La comparaison des résultats de l'EMQ ( $H_0 : 303\ 353,2$ , SCI : 124 124,6) et l'EMA ( $H_0 : 198\ 609,5$ , SCI : 82 132,2) démontrent que les variables supplémentaires du modèle SCI destinées à saisir les changements dus aux restrictions de voyage ont permis d'obtenir de meilleures mesures du rendement du modèle. Les évaluations des résidus du modèle  $H_0$  suggèrent que ce dernier ne prend pas en compte l'effet des restrictions de voyage, comme prévu, et comme observé par la chute substantielle des résidus en mars 2020 et avril 2020. D'autre part, les résidus du modèle SCI montrent que le modèle ne tient pas suffisamment compte des différences dans l'ampleur des patrons saisonniers entre les périodes pré-pandémique et pandémique. Les détails des diagnostics du modèle sont inclus dans le matériel supplémentaire.

Figure 4 : Classement des pays d'origine contribuant aux voyages vers A) le Canada et B) chacun des quatre plus grands aéroports canadiens comme destination finale



Abréviations : CS, Corée du Sud; EAU, Émirats arabes unis; RD, République dominicaine; R.-U., Royaume-Uni  
 Remarques : Les classements ont été répartis par sous-périodes d'étude (pré-pandémiques : sous-période -3 : mars 2017–février 2018, sous-période -2 : mars 2018–février 2019, et sous-période -1 : mars 2019–février 2020; et pandémiques : sous-période 1 : mars 2020–février 2021, sous-période 2 : mars 2021–février 2022, et sous-période 3 : mars 2022–février 2023)  
 Les astérisques indiquent les pays qui figuraient parmi les dix premiers contributeurs au volume de voyageurs entrants pendant les sous-périodes pandémiques, mais pas pendant les sous-périodes pré-pandémiques

## Discussion

Cette étude a analysé les tendances temporelles des voyages aériens commerciaux à destination du Canada avant et pendant la pandémie de COVID-19 et a inclus une évaluation statistique de l'impact des restrictions de voyage liées à la pandémie de COVID-19 sur le volume de voyageurs. Alors que les perturbations initiales ont été les plus importantes au début de la pandémie, lorsque les mesures aux frontières étaient les plus strictes, les résultats de l'analyse descriptive et de l'analyse SCI montrent que le nombre de voyageurs et les tendances saisonnières ont connu un retour progressif suite à l'assouplissement des restrictions de voyage. En revanche, le classement des pays en fonction du volume des entrées n'a pas retrouvé les tendances pré-pandémiques au même titre que les autres mesures.





En utilisant la pandémie de COVID-19 comme étude de cas, les présentes analyses mettent en évidence l'impact d'une crise internationale sur les patrons de voyage (volume, saisonnalité, classement des pays contributeurs). Les voyages aériens jouent un rôle important dans la dispersion mondiale des maladies infectieuses (20), et de tels changements radicaux dans la circulation aérienne sont susceptibles d'avoir des implications directes sur le risque d'importation de pathogènes infectieux au Canada. Par exemple, le risque d'importation dépend du nombre de voyageurs en provenance des pays à forte incidence, comme signalé par le passé pour la COVID-19 et d'autres maladies infectieuses (21,22). De même, on peut s'attendre à ce qu'un changement dans le classement des pays contributeurs ait un impact sur le risque global d'importation si les pays diffèrent par l'incidence de la maladie. Les résultats de la présente étude ont également montré un retour progressif aux tendances de voyages observées avant le début de la pandémie, suite à l'assouplissement des restrictions de voyage, ce qui démontre la résilience du transport aérien à destination du Canada. Ainsi, lors de futures éclosions de maladies infectieuses émergentes ou réémergentes, en absence de données actuelles ou prévisionnelles sur le volume des voyageurs aériens, les données historiques obtenues lors de circonstances normales peuvent être utiles pour orienter la connaissance de la situation et les stratégies d'intervention.

La présente analyse SCI était une approche simple pour évaluer l'effet des restrictions de voyage sur le volume de voyageurs entrant au Canada, en utilisant des variables d'intervention de base. Les résultats de cette analyse suggèrent que la mise en œuvre des premières restrictions d'entrée des étrangers au Canada (9) en mars 2020, en réponse à l'augmentation mondiale des cas (23), a catalysé la tendance initiale à la baisse du volume des voyageurs observée, comme ailleurs dans le monde (24). Par la suite, l'assouplissement des restrictions de voyage au Canada en août 2021 a coïncidé avec une augmentation significative du volume des voyageurs pendant la période de la pandémie de COVID-19. Même si les effets modélisés étaient statistiquement significatifs, d'autres facteurs non inclus dans le modèle pourraient être associés aux tendances observées dans la circulation aérienne pendant la pandémie. Par exemple, d'autres mesures frontalières, telles que les tests et les exigences en matière de quarantaine, peuvent avoir un effet dissuasif important sur les voyageurs. De plus, les NOTAM mis en œuvre sur de courtes périodes pour interdire l'entrée au Canada aux voyageurs de certains pays (e.g., le Royaume-Uni [décembre 2020 à janvier 2021 (25)], le Pakistan [avril à juin 2021 (26)], l'Inde [avril à septembre 2021 (27)], le Mexique et les pays des Caraïbes [janvier à avril 2021 (28)], et le Maroc [août à octobre 2021 (8,9)]) ont probablement contribué à réduire le volume de voyageurs de façon transitoire. Les voyages dans le monde peuvent également être influencés par des facteurs complexes et interconnectés liés à l'économie, au commerce et au tourisme (29), ainsi que par la volonté des gens de voyager selon leur perception du risque lié à la COVID-19 (30). Compte tenu de la complexité du système de transport aérien pendant

la pandémie, les recherches futures pourraient bénéficier de l'exploration de modèles plus complexes, par exemple en utilisant des fonctions de transfert pour mieux saisir l'effet observé (13) ou en appliquant des méthodes alternatives pour ajuster de manière adéquate les changements dans les patrons saisonniers, comme cela a été observé pendant la pandémie (31). De plus, une extension future de l'étude pourrait consister à examiner l'impact potentiel des restrictions des voyages aériens sur les taux d'importation de COVID-19 afin d'en évaluer leur efficacité.

### Limites

Les données et l'analyse de l'étude présentent d'autres limites. Tout d'abord, les données de l'IATA n'incluent pas l'ensemble de la circulation aérienne mondiale (12). Bien que la majorité des données sur le transport aérien (83 %) aient été disponibles pour l'analyse, il est possible que certaines tendances aient été surestimées, sous-estimées ou exclues. De plus, il est important de noter que les résultats de l'étude s'inscrivent dans le contexte de l'expérience COVID-19 au Canada. Il est intuitif de s'attendre à ce que les restrictions de voyage mises en œuvre pour de futures pandémies entraînent une diminution du nombre de voyageurs, une atténuation des patrons saisonniers et une perturbation du classement des pays contributeurs, comme le montre cette étude. La nature de ces changements dépendra toutefois du contexte des voyages aériens au Canada, compte tenu des échanges commerciaux, des voyages personnels (e.g., tourisme, éducation, visites à la famille), de l'épidémiologie de la maladie et de la possibilité de mettre en œuvre des restrictions de voyage.

### Conclusion

Cette étude présente une méthode permettant de comprendre comment les restrictions de voyage peuvent avoir un impact sur les voyages aériens entrants, tel que démontré dans le contexte de la pandémie de COVID-19 au Canada. L'approche caractérise le comportement du système dans des circonstances normales et inhabituelles, comme le montrent de manière descriptive les tendances du volume des voyageurs, la saisonnalité et les contributions des pays, et de manière statistique les répercussions significatives dans la mise en œuvre et l'élimination des restrictions. Alors que les résultats de l'étude indiquent que les interventions mises en œuvre en réponse à la pandémie ont la capacité de perturber les patrons de voyages entrants, tant au niveau national qu'au niveau des aéroports d'arrivée, ils suggèrent également un retour progressif de la circulation aérienne et, par conséquent, la résilience du système de transport aérien face à des perturbations majeures. L'exploration des tendances du transport aérien, que ce soit en situation normale ou lors d'événements mondiaux perturbateurs, peut aider les professionnels de la santé publique à mieux orienter les efforts de préparation et de réponse aux situations d'urgence visant à réduire le risque d'importation. Cette étude ouvre des pistes pour de futures recherches dans les domaines du transport aérien et de la santé publique.



## Déclaration des auteurs

V. G.-R. — Conceptualisation, analyse formelle, rendement de l'analyse, rédaction–révision et édition

E. R. — Conceptualisation, analyse formelle, rédaction–révision et édition

A. R. — Rendement de l'analyse, rédaction–révision et édition

R. M. M. — Conceptualisation, analyse formelle, rédaction–révision et édition

V. G.-R. et E. R. en sont les premiers auteurs.

## Intérêts concurrents

Les auteurs n'ont pas de conflits d'intérêts.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Simon de Montigny pour son aide avec l'interprétation des résultats des modèles ARMMI-S.

## Financement

Ce travail a été soutenu par l'Agence de la santé publique du Canada.

## Matériel supplémentaire

Ces documents peuvent être consultés dans le [Matériel supplémentaire](#).

## Références

1. Tuite AR, Bhatia D, Moineddin R, Bogoch II, Watts AG, Khan K. Global trends in air travel: implications for connectivity and resilience to infectious disease threats. *J Travel Med* 2020;27(4):taaa070. [DOI PubMed](#)
2. Chunshui J, Haiyang Y, Zubair A. On the ICAO system of air traffic forecasting. *Proceedings of 2012 9<sup>th</sup> IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*. 2012;362–5. [DOI](#)
3. Mangili A, Vindenes T, Gendreau M. Infectious Risks of Air Travel. *Microbiol Spectr* 2015;3(5). [DOI PubMed](#)
4. Wilder-Smith A, Gubler DJ. Geographic expansion of dengue: the impact of international travel. *Med Clin North Am* 2008;92(6):1377–90. [DOI PubMed](#)
5. Bell DM, World Health Organization Working Group on International and Community Transmission of SARS. Public health interventions and SARS spread, 2003. *Emerg Infect Dis* 2004;10(11):1900–6. [DOI PubMed](#)
6. Grais R, Ellis JH, Kress A, Glass G. Modeling the spread of annual influenza epidemics in the US: The potential role of air travel. *Health Care Manag Sci* 2004;7(2):127–34. [DOI PubMed](#)
7. Sécurité publique Canada. Chronologie – Mesures de l'ASFC à la frontière. Ottawa, ON : SPC; 2020. [Consulté le 27 juill. 2023]. <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/trnsprnc/brfng-mtrls/prlmntry-bndrs/20201119/015/index-fr.aspx>
8. Transports Canada. Les transports au Canada 2021, Rapport approfondi. Ottawa, ON : TC; 2021. [Consulté le 27 juill. 2023]. <https://tc.canada.ca/sites/default/files/2022-06/transports-canada-2021.pdf>
9. Institut canadien d'information sur la santé. Calendrier des interventions liées à la COVID-19 au Canada. Ottawa, ON : ICIS; 2022. [Consulté le 15 mai 2023]. <https://www.cihi.ca/fr/calendrier-des-interventions-liees-a-la-covid-19-au-canada>
10. Agence des services frontaliers du Canada. Avis aux voyageurs : RAPPEL – Le 9 août, de nouvelles mesures de santé publique entreront en vigueur et auront une incidence sur les voyages vers le Canada. Ottawa, ON : ASFC; 2021. [Consulté le 29 juill. 2022]. <https://www.canada.ca/fr/agence-services-frontaliers/nouvelles/2021/08/avis-aux-voyageurs--rappel--le-9-aout-de-nouvelles-mesures-de-sante-publique-entreront-en-vigueur-et-aurent-une-incidence-sur-les-voyages-vers-le-c.html>
11. Agence de la santé publique du Canada. À compter du 1er octobre, le gouvernement du Canada abrogera les mesures liées à la COVID-19 à la frontière et pour les voyages. Ottawa, ON : ASPC; 2022. [Consulté le 27 juill. 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/nouvelles/2022/09/a-compter-du-1eroctobre-le-gouvernement-du-canada-abrogera-les-mesures-liees-a-la-covid19-a-la-frontiere-et-pour-les-voyages.html>
12. International Air Transport Association (IATA). About us. [Consulté le 16 mai 2023]. <https://www.iata.org/en/about/>
13. Schaffer AL, Dobbins TA, Pearson SA. Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions. *BMC Med Res Methodol* 2021;21(1):58. [DOI PubMed](#)





14. Chen CF, Chang YH, Chang YW. Seasonal ARIMA forecasting of inbound air travel arrivals to Taiwan. *Transportmetrica* 2009;5(2):125–40. DOI
15. Andreana G, Gualini A, Martini G, Porta F, Scotti D. The disruptive impact of COVID-19 on air transportation: An ITS econometric analysis. *Research in Transportation Economics* 2021;90:101042. DOI PubMed
16. Hyndman R, Athanasopoulos G, Bergmeir C, Caceres G, Chhay L, O'Hara-Wild M, Petropoulos F, Razbash S, Wang E, Yasmeeen F. Forecasting functions for time series and linear models. Mar 4, 2024. <http://sunsite.icm.edu.pl/packages/cran/web/packages/forecast/forecast.pdf>
17. Hyndman RJ, Khandakar Y. Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of Statistical Software* 2008;27(3):1–22. DOI
18. Karunasingha DSK. Root mean square error or mean absolute error? Use their ratio as well. *Information Sciences* 2022;585:609–29. DOI
19. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2022.
20. Tsui JLH, McCrone JT, Lambert B, Bajaj S, Inward RP, Bosetti P, Pena RE, Tegally H, Hill V, Zarebski AE, Peacock TP, Liu L, Wu N, Davis M, Bogoch II, Khan K, Kall M, Abdul Aziz NIB, Colquhoun R, O'Toole Á, Jackson B, Dasgupta A, Wilkinson E, de Oliveira T; COVID-19 Genomics UK (COG-UK) consortium; Connor TR, Loman NJ, Colizza V, Fraser C, Volz E, Ji X, Gutierrez B, Chand M, Dellicour S, Cauchemez S, Raghvani J, Suchard MA, Lemey P, Rambaut A, Pybus OG, Kraemer MUG. Genomic assessment of invasion dynamics of SARS-CoV-2 Omicron BA.1. *Science* 2023;381(6655):336–43. DOI PubMed
21. Nasserie T, Brent SE, Tuite AR, Moineddin R, Yong JH, Miniota J, Bogoch II, Watts AG, Khan K. Association between air travel and importation of chikungunya into the USA. *J Travel Med* 2019;26(5):taz028. DOI PubMed
22. Findlater A, Moineddin R, Kain D, Yang J, Wang X, Lai S, Khan K, Bogoch II. The use of air travel data for predicting dengue importation to China: A modelling study. *Travel Med Infect Dis* 2019;31:101446. DOI PubMed
23. Mathieu E, Ritchie H, Rodés-Guirao L, Appel C, Giattino C, Hasell J, Macdonald B, Dattani S, Beltekian D, Ortiz-Ospina E, Roser M. Coronavirus Pandemic (COVID-19). Our World in Data; 2020. [Consulté le 27 juill. 2023]. <https://ourworldindata.org/coronavirus>
24. Hotle S, Mumbower S. The impact of COVID-19 on domestic U.S. air travel operations and commercial airport service. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 2021;9:100277. DOI
25. Agence de la santé publique du Canada. Le Canada suspend les vols en provenance du Royaume-Uni pendant 72 heures. Ottawa, ON : ASPC; 2020. [Consulté le 3 janv. 2024]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/nouvelles/2020/12/le-canada-suspend-les-vols-en-provenance-du-royaume-uni-pendant-72-heures.html>
26. Agence de la santé publique du Canada. Le gouvernement du Canada prolonge l'obligation de se mettre en quarantaine et les restrictions en matière de déplacement. Ottawa, ON : ASPC; 2021. [Consulté le 3 janv. 2024]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/nouvelles/2021/05/le-gouvernement-du-canada-prolonge-lobligation-de-se-mettre-en-quarantaine-et-les-restrictions-en-matiere-de-deplacement.html>
27. Transports Canada. Le Canada annonce la prolongation des restrictions sur les vols en provenance de l'Inde alors qu'il se prépare au rétablissement des vols directs. Ottawa, ON : TC; 2021. [Consulté le 3 janv. 2024]. <https://www.canada.ca/fr/transports-canada/nouvelles/2021/09/le-canada-annonce-la-prolongation-des-restrictions-sur-les-vols-en-provenance-de-linde-alors-quil-se-prepare-au-retablissement-des-vols-directs.html>
28. Transports Canada. Extension des restrictions s'appliquant aux vols internationaux dans les aéroports canadiens Ottawa, ON : TC; 2021. [Consulté le 3 janv. 2024]. <https://www.canada.ca/fr/transports-canada/nouvelles/2021/01/extension-des-restrictions-sappliquant-aux-vols-internationaux-dans-les-aeroports-canadiens.html>
29. Lai S, Sorichetta A, Steele J, Ruktanonchai CW, Cunningham AD, Rogers G, Koper P, Woods D, Bondarenko M, Ruktanonchai NW, Shi W, Tatem AJ. Global holiday datasets for understanding seasonal human mobility and population dynamics. *Sci Data* 2022;9(1):17. DOI PubMed
30. Shen Y, Jo W, Joppe M. Role of country image, subjective knowledge, and destination trust on travel attitude and intention during a pandemic. *Journal of Hospitality and Tourism Management* 2022;52:275–84. DOI PubMed
31. Bógalo J, Llada M, Poncela P, Senra E. Seasonality in COVID-19 times. *Econ Lett* 2022;211:110206. DOI PubMed



# Microbiologie des infections sanguines en Ontario, au Canada pendant la pandémie de COVID-19

Mohammad R Hasan<sup>1,2\*</sup>, Yasmeen M Vincent<sup>1,2</sup>, Daniela Leto<sup>1,2</sup>, Huda Almohri<sup>1,2</sup>

## Résumé

**Contexte :** Les infections sanguines causées par un large éventail de pathogènes bactériens et fongiques sont associées à des taux élevés de morbidité et de mortalité. Selon une estimation de 2017, le nombre d'incidences d'infections sanguines en Ontario est de 150 pour 100 000 habitants. L'épidémiologie des infections sanguines peut être influencée par de nombreux facteurs, notamment les restrictions sociales et de voyage et l'augmentation des taux d'hospitalisation en Ontario pendant la pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19).

**Objectifs :** Cette étude visait à évaluer les changements dans la microbiologie des infections sanguines en Ontario pendant la pandémie de COVID-19 par rapport à la période prépandémique.

**Méthodes :** Les données rétrospectives sur les hémocultures (n = 189 106) de LifeLabs en Ontario (juillet 2018 à décembre 2021) ont été analysées. Les taux de positivité des hémocultures pour les pathogènes bactériens courants ont été comparés entre les périodes pré-COVID-19 (juillet 2018 à mars 2020) et COVID-19 (avril 2020 à décembre 2021) dans les milieux communautaires et hospitaliers, à l'aide du test du khi carré pour la signification.

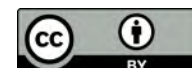
**Résultats :** Au cours de la période COVID-19, les taux de positivité des hémocultures dans la communauté sont restés les mêmes, alors que les taux en milieu hospitalier ont été environ triplés ( $p = 0,00E-00$ ). Dans la communauté, les taux d'isolement de la plupart des espèces bactériennes sont restés inchangés, à l'exception d'une augmentation des *Enterococcus* et d'une diminution de la *Salmonella*. Les taux d'organismes antibiorésistants ont également diminué de manière significative dans la communauté. Dans les hôpitaux, toutes les espèces bactériennes, y compris les organismes antibiorésistants, ont connu une augmentation significative des taux d'isolement au cours de la période COVID-19.

**Conclusion :** L'étude a révélé des changements dans la microbiologie des infections sanguines et suggère des changements dans l'épidémiologie pendant la pandémie de COVID-19 en Ontario, à la fois dans les hôpitaux et dans la communauté.

**Citation proposée :** Hasan MR, Vincent YM, Leto D, Almohri H. Microbiologie des infections sanguines en Ontario, au Canada pendant la pandémie de COVID-19. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2024;50(3/4):128–32. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v50i34a05f>

**Mots-clés :** infections sanguines, Ontario, COVID-19, hémoculture, microbiologie

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



## Affiliations

<sup>1</sup> Département médical et scientifique, LifeLabs, Toronto, ON

<sup>2</sup> Département de pathologie et de médecine moléculaire, Université McMaster, Hamilton, ON

## \*Correspondance :

[hasanm51@mcmaster.ca](mailto:hasanm51@mcmaster.ca)



## Introduction

Les infections sanguines ont une incidence considérable sur les établissements de santé et les communautés en raison des taux élevés de morbidité et de mortalité associés à ces infections (1). Dans les hôpitaux, elles font partie des infections associées aux soins les plus courantes. Des études ont rapporté des taux d'incidence variables, allant de 1,5 à 4,0 cas pour 1 000 jours-patients. L'incidence des infections sanguines d'origine communautaire est plus faible, mais reste significative, et touche des personnes en dehors des établissements de santé (2). En Ontario, d'après une étude de cohorte rétrospective à l'échelle de la population sur les infections sanguines en 2017, il y a eu 150 épisodes d'infections sanguines pour 100 000 habitants, avec un taux de mortalité à 30 jours de 17 % (3).

Les agents responsables des infections sanguines varient en fonction du contexte, de la population de patients et des facteurs régionaux. Les bactéries à Gram positif sont souvent impliquées, ainsi que la *Staphylococcus aureus*, y compris les souches résistantes à la méthicilline (SARM), étant une cause majeure. Les staphylocoques négatifs à la coagulase, tels que *Staphylococcus epidermidis*, sont également fréquemment isolés. Les bactéries à Gram négatif, notamment *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* et *Pseudomonas aeruginosa*, contribuent de manière significative aux infections sanguines, en particulier dans les établissements de santé. Les pathogènes fongiques, tels que *Candida*, sont une cause importante d'infections sanguines chez les personnes immunodéprimées. L'émergence et la propagation de la résistance aux antimicrobiens posent des défis supplémentaires dans la gestion des infections sanguines. Le *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline et les bactéries à Gram négatives productrices de bêta-lactamase à spectre étendu (BLSE) ont été associées à une augmentation de la mortalité et des coûts des soins de santé (1,3).

L'épidémiologie des infections sanguines a évolué au cours des dernières décennies, sous l'effet de nombreux facteurs tels que l'évolution démographique, les méthodes de prestation des soins de santé et la mondialisation croissante (1). Plus récemment, l'épidémiologie des infections sanguines dans la communauté et les hôpitaux pourrait avoir été influencée par les restrictions de mobilité et l'augmentation des taux d'hospitalisation associés à la maladie à coronavirus 2019 (COVID-19). Dans cette étude, nous avons évalué la microbiologie des infections sanguines en Ontario pendant la pandémie de COVID-19 et l'avons comparée à la période prépandémique.

## Méthodes

Dans cette étude observationnelle rétrospective, les données des hémocultures (n = 189 106) réalisées par les laboratoires médicaux LifeLabs en Ontario de juillet 2018 à décembre 2021 ont été utilisées. Les cultures ont été prélevées chez des patients

fréquentant des établissements de soins primaires et 36 hôpitaux de la province. Pour les hôpitaux, plus de 90 % des hémocultures provenaient de cinq hôpitaux communautaires généraux du Réseau local d'intégration des services de santé (RLISS) de Hamilton Niagara Haldimand Brant, qui comptent au moins 100 lits. Pour les hémocultures provenant des communautés, plus de 70 % provenaient de communautés urbaines. Les données ont été extraites sans aucune information permettant d'identifier les patients, conformément au code d'éthique de LifeLabs. Les taux de positivité des hémocultures pour tous les pathogènes et pour les pathogènes bactériens les plus fréquemment isolés ont été comparés entre la période pré-COVID-19 (juillet 2018 à mars 2020) et la période COVID-19 (avril 2020 à décembre 2021) pour les milieux communautaires et hospitaliers. Le test du khi-carré a été utilisé pour déterminer si les différences de proportions étaient significatives.

## Résultats

Au cours des 21 mois qui ont précédé la mise en place des restrictions liées à la COVID-19 en Ontario, les taux globaux de positivité des hémocultures dans la communauté et dans les hôpitaux étaient respectivement de 2,8 % et de 8,06 %. Au cours des 21 mois de restrictions liées à la COVID-19, les taux globaux de positivité des hémocultures sont restés inchangés dans la communauté, mais ont augmenté de manière significative (environ trois fois;  $p = 0,00E-00$ ) dans les hôpitaux par rapport à la période prépandémique précédente (**tableau 1** et **tableau 2**).

Pendant la période prépandémique, les espèces bactériennes les plus fréquemment isolées dans les hémocultures de la communauté étaient les staphylocoques négatifs à la coagulase, *E. coli*, les streptocoques viridans, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, et *Enterococcus*. *Streptococcus pneumoniae* et *H. influenzae* étaient rarement isolées dans les infections sanguines de la communauté, ce qui reflète peut-être une couverture vaccinale étendue pour ces deux espèces en Ontario. Pour la communauté, les taux d'isolement de la plupart des espèces bactériennes sont restés les mêmes ou ont très peu changé pendant la pandémie de COVID-19, sauf dans le cas d'*Enterococcus* et de *Salmonella*. Les taux d'*Enterococcus* ont augmenté d'environ deux fois ( $p = 0,0003$ ) pendant la pandémie de COVID-19. La raison n'est pas clairement comprise, mais peut être attribuée à des modifications du microbiome intestinal favorisant *Enterococcus* et à une perméabilité intestinale accrue chez les patients atteints de COVID-19, qui ont été récemment décrites (4). D'autre part, les taux de *Salmonella* dans les infections sanguines ont considérablement diminué ( $p = 0,0000$ ) dans la communauté, ce qui est probablement associé aux restrictions de voyage et à la distanciation physique pendant la pandémie de COVID-19. Peut-être pour les mêmes raisons, les taux d'organismes antibiorésistants tels que les organismes



Tableau 1 : Taux de positivité des hémocultures en milieu communautaire par pathogène bactérien

Organisme	Période pré-COVID-19 <sup>a</sup>		Période COVID-19 <sup>a</sup>		Valeur p <sup>b</sup>
	n	%	n	%	
Hémocultures totales	32 411	100,00	25 860	100,00	–
Tous les organismes	907	2,80	687	2,66	0,2971
Staphylocoque négatif à la coagulase	275	0,85	247	0,96	0,1746
<i>Escherichia coli</i>	118	0,36	69	0,27	0,0392
Streptocoques viridans	97	0,30	97	0,38	0,1145
<i>Salmonella</i>	89	0,27	13	0,05	0,0000
<i>Staphylococcus aureus</i>	57	0,18	32	0,12	0,1094
Entérocoques	41	0,13	66	0,26	0,0003
<i>Klebsiella</i>	38	0,12	37	0,14	0,3875
Autres streptocoques	15	0,05	15	0,06	0,5354
<i>Pseudomonas</i>	12	0,04	4	0,02	0,1187
Levure	10	0,03	13	0,05	0,2410
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	5	0,02	5	0,02	0,7205
Autre	41	0,13	52	0,20	0,0250
Anaérobie	56	0,17	26	0,10	0,0208
BLSE/AmpC	35	0,11	11	0,04	0,0052
SPICE	34	0,10	7	0,03	0,0004
SARM	18	0,06	2	0,01	0,0020

Abréviations : AmpC, bêta-lactamase AmpC; BLSE, bêta-lactamase à spectre étendu; SARM, *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline; SPICE, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Proteus* indole-positif, *Citrobacter* et *Enterobacter*

<sup>a</sup> Période pré-COVID-19 : juillet 2018 à mars 2020; période COVID-19 : avril 2020 à décembre 2021

<sup>b</sup> Valeur p obtenue à partir de tests du khi carré

Tableau 2 : Taux de positivité des hémocultures en milieu hospitalier par pathogène bactérien

Organisme	Période pré-COVID-19 <sup>a</sup>		Période COVID-19 <sup>a</sup>		Valeur p <sup>b</sup>
	n	%	n	%	
Hémocultures totales	88 170	100,00	42 665	100,00	–
Tous les organismes	7 105	8,06	10 197	23,90	0,00E-00
<i>Escherichia coli</i>	1 410	1,60	2 026	4,75	1,6E-244
Staphylocoque négatif à la coagulase	1 045	1,19	1 698	3,98	6,6E-240
<i>Staphylococcus aureus</i>	860	0,98	1 200	2,81	3,3E-138
Autres streptocoques	461	0,52	593	1,39	8,88E-61
<i>Klebsiella</i>	455	0,52	745	1,75	4E-106
Entérocoques	424	0,48	648	1,52	6,98E-85
Streptocoques viridans	245	0,28	376	0,88	4,02E-50
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	221	0,25	176	0,41	6,03E-07
Levure	182	0,21	255	0,60	1,34E-30
<i>Pseudomonas</i>	170	0,19	286	0,67	5,89E-43
<i>Proteus mirabilis</i>	164	0,19	224	0,53	4,03E-26
<i>Salmonella</i>	27	0,03	39	0,09	4,43E-06
Autre	459	0,52	624	1,46	1,48E-69
Anaérobie	260	0,29	420	0,98	1,89E-59
BLSE/AmpC	182	0,21	171	0,40	2,1E-10
SPICE	215	0,24	348	0,82	1,22E-49
SARM	507	0,58	539	1,26	3,06E-39

Abréviations : AmpC, bêta-lactamase AmpC; BLSE, bêta-lactamase à spectre étendu; SARM, *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline; SPICE, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Proteus* indole-positif, *Citrobacter* et *Enterobacter*

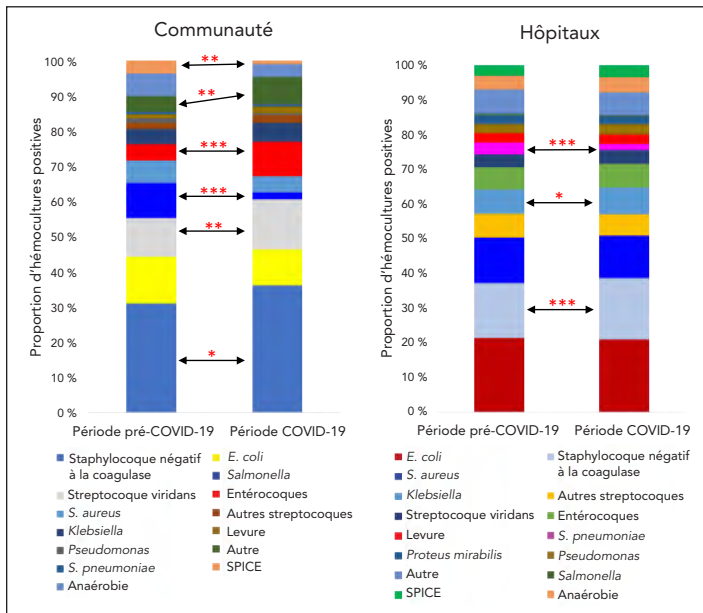
<sup>a</sup> Période pré-COVID-19 : juillet 2018 à mars 2020; période COVID-19 : avril 2020 à décembre 2021

<sup>b</sup> Valeur p obtenue à partir de tests du khi carré



*Serratia*, *Pseudomonas*, *Proteus* indole-positif, *Citrobacter* et *Enterobacter* (SPICE), les entérobactéries productrices de BLSE/AmpC et les SARM ont également diminué de manière significative ( $p < 0,05$ ) dans la communauté (5). Parmi les hémocultures positives de la communauté, les proportions relatives de plusieurs espèces bactériennes ont changé de manière significative au cours de la pandémie de COVID-19. Les proportions de staphylocoques négatifs à la coagulase, de streptocoques viridans et d'*Enterococcus* ont augmenté de manière significative ( $p \leq 0,05$ ), alors que les proportions de *Salmonella* et d'organismes SPICE ont diminué de manière significative ( $p \leq 0,001$ ) (figure 1).

**Figure 1 : Proportion relative d'agents pathogènes récupérés à partir d'hémocultures positives dans la communauté ou les hôpitaux au cours de la période COVID-19 par rapport à la période pré-COVID-19<sup>a</sup>**



Abbreviations : COVID-19, maladie à coronavirus 2019; *E. coli*, *Escherichia coli*; *S. aureus*, *Staphylococcus aureus*; *S. pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*; SPICE, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Proteus* indole-positif, *Citrobacter* et *Enterobacter*  
<sup>a</sup> Valeurs p calculées à partir d'un test Z à deux proportions; \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,001$ ; \*\*\* $p \leq 0,0001$

Dans les hôpitaux, les espèces bactériennes les plus fréquemment isolées au cours de la période pré-COVID-19 étaient *E. coli*, staphylocoques négatifs à la coagulase, *S. aureus*, d'autres streptocoques, *Klebsiella* et *Enterococcus*. Les taux d'isolement pour tous les groupes d'organismes, y compris les organismes antibiorésistants, ont augmenté de manière significative (deux à trois fois) au cours de la pandémie de COVID-19, même si le nombre total d'hémocultures était inférieur de moitié à celui rapporté au cours de la période pré-pandémique. Ces résultats sont cohérents avec les taux d'incidence plus élevés des infections sanguines d'origine hospitalière dans d'autres populations également (6–8) et peuvent être liés à un taux plus élevé d'admission des patients atteints de COVID-19 dans les unités de soins intensifs. Dans les hôpitaux, les proportions relatives d'agents pathogènes récupérés à partir d'hémocultures positives n'étaient pas

significativement différentes pour la plupart des agents pathogènes, à l'exception d'une augmentation significative de la proportion d'hémocultures positives avec staphylocoques négatifs à la coagulase ( $p \leq 0,0001$ ) et d'une diminution significative de la proportion d'hémocultures positives avec *S. pneumoniae* ( $p \leq 0,0001$ ) (figure 1). Une augmentation faible, mais significative ( $p \leq 0,05$ ) de la proportion d'hémocultures positives à *Klebsiella* a également été observée pendant la période COVID-19.

## Discussion

### Limites

Cette étude présente plusieurs limites. Bien que l'étude montre les taux de positivité des hémocultures pour une population représentative de l'Ontario, elle ne représente pas l'incidence exacte des infections sanguines en Ontario, car les données ont été analysées sur la base de numéros d'accès uniques aux spécimens au lieu d'identifiants de patients. De plus, comme les dates d'admission à l'hôpital n'étaient pas disponibles, le nombre d'hémocultures reçues des hôpitaux peut inclure une fraction d'hémocultures acquises dans la communauté. Il est probable qu'une petite proportion d'hémocultures positives, le plus souvent avec des staphylocoques négatifs à la coagulase et des streptocoques viridans, ont été signalées comme des contaminants potentiels. Toutefois, ces données n'ont pas pu être extraites de la base de données sur les hémocultures de LifeLabs.

### Conclusion

Les données d'hémoculture sur les taux de positivité globaux et par espèce pour une large population représentative suggèrent qu'il y a eu des changements dans l'épidémiologie des infections sanguines en Ontario pendant la pandémie de COVID-19, à la fois dans les hôpitaux et dans la communauté.

## Déclaration des auteurs

- M. R. H. — Conceptualisation, méthodologie, analyse des données, rédaction–version originale
- Y. M. V. — Méthodologie, analyse des données, rédaction, révision et édition
- D. L. — Méthodologie, analyse des données, rédaction, révision et édition
- H. A. — Méthodologie, analyse des données, rédaction, révision et édition

Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

Le contenu de cet article et les opinions qui y sont exprimées n'engagent que les auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux du gouvernement du Canada.

### Intérêts concurrents

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts.





## Remerciements

Les données rétrospectives ont été récupérées et analysées conformément au code d'éthique de LifeLabs, sans aucune information permettant d'identifier les patients.

## Financement

Cette recherche n'a bénéficié d'aucune subvention spécifique de la part d'organismes de financement des secteurs public, commercial ou à but non lucratif.

## Références

1. Laupland KB, Church DL. Population-based epidemiology and microbiology of community-onset bloodstream infections. *Clin Microbiol Rev* 2014;27(4):647–64. [DOI PubMed](#)
2. Centers for Disease Control and Prevention. Bloodstream Infection Event (Central Line-Associated Bloodstream Infection and Non-central Line Associated Bloodstream Infection). Atlanta, GA: CDC; 2017. [Consulté le 29 mai 2023]. [https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/4psc\\_clabscurrent.pdf](https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/4psc_clabscurrent.pdf)
3. Verway M, Brown KA, Marchand-Austin A, Diong C, Lee S, Langford B, Schwartz KL, MacFadden DR, Patel SN, Sander B, Johnstone J, Garber G, Daneman N. Prevalence and Mortality Associated with Bloodstream Organisms: A Population-Wide Retrospective Cohort Study. *J Clin Microbiol* 2022;60(4):e0242921. [DOI PubMed](#)
4. Toc DA, Mihaila RM, Botan A, Bobohalma CN, Risteiu GA, Simut-Cacuci BN, Steorobelea B, Troanca S, Junie LM. Enterococcus and COVID-19: The Emergence of a Perfect Storm? *Int J Transl Med* 2022;2(2):220–9. [DOI](#)
5. Hasan MR, Vincent YM, Leto D, Almohri H. Trends in the Rates of Extended-Spectrum- $\beta$ -Lactamase-Producing Enterobacterales Isolated from Urine Cultures during the COVID-19 Pandemic in Ontario, Canada. *Microbiol Spectr* 2023;11(1):e0312422. [DOI PubMed](#)
6. Zhu NJ, Rawson TM, Mookerjee S, Price JR, Davies F, Otter J, Aylin P, Hope R, Gilchrist M, Shersing Y, Holmes A. Changing Patterns of Bloodstream Infections in the Community and Acute Care Across 2 Coronavirus Disease 2019 Epidemic Waves: A Retrospective Analysis Using Data Linkage. *Clin Infect Dis* 2022;75(1):e1082–e1091. [DOI PubMed](#)
7. Damonti L, Kronenberg A, Marschall J, Jent P, Sommerstein R, De Kraker MEA, Harbarth S, Gasser M, Buetti N. The effect of the COVID-19 pandemic on the epidemiology of positive blood cultures in Swiss intensive care units: a nationwide surveillance study. *Crit Care* 2021;25(1):403. [DOI PubMed](#)
8. Valik JK, Hedberg P, Holmberg F, van der Werff SD, Naclér P. Impact of the COVID-19 pandemic on the incidence and mortality of hospital-onset bloodstream infection: a cohort study. *BMJ Qual Saf* 2022;31(5):379–82. [DOI PubMed](#)

# 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](mailto: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](https://creativecommons.org/licenses/by/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**