



Surveillance des pneumocoques invasives au Canada, 2021–2022

Averil Griffith¹, Alyssa R Golden^{1*}, Brigitte Lefebvre², Allison McGeer³, Gregory J Tyrrell⁴, George G Zhanel⁵, Julianne V Kus^{6,7}, Linda Hoang⁸, Jessica Minion⁹, Paul Van Caesele¹⁰, Hanan Smadi¹¹, David Haldane¹², Yang Yu¹³, Xiaofeng Ding¹⁴, Laura Steven¹⁵, Jan McFadzen¹⁶, Kristyn Franklin¹⁷, Irene Martin¹

Résumé

Contexte : Les pneumocoques invasives (PI, *Streptococcus pneumoniae*) sont une maladie à déclaration obligatoire au Canada depuis 2000. L'utilisation de vaccins conjugués a entraîné une modification de la répartition des sérotypes au fil du temps. Ce rapport est un résumé des données démographiques, des sérotypes et de la résistance aux antimicrobiens des isolats de PI collectés au Canada en 2021 et 2022.

Méthodes : Le Laboratoire national de microbiologie (LNM) de l'Agence de la santé publique du Canada, situé à Winnipeg (Manitoba), collabore avec les laboratoires de santé publique provinciaux et territoriaux pour assurer la surveillance nationale des maladies infectieuses. En 2021, 1 999 isolats ont été signalés et en 2022, 3 775. Le sérotype a été déterminé par la réaction de Quellung ou le séquençage du génome entier (SGE). La sensibilité aux antimicrobiens a été déterminée par les méthodes SGE, la technique de microdilution en milieu liquide ou les données partagées par les collaborateurs du programme de l'alliance canadienne de résistance aux antimicrobiens à l'Université du Manitoba. Les taux d'incidence des PI au sein de la population ont été obtenus par l'entremise du Système canadien de surveillance des maladies à déclaration obligatoire.

Résultats : L'incidence des PI au Canada était de 5,62 cas pour 100 000 habitants en 2021, en baisse par rapport au pic de 10,86 cas pour 100 000 habitants en 2018. Les sérotypes présentant des tendances à la hausse ($p < 0,05$) entre 2018 et 2022 comprenaient : 4 (6,1 %–12,4 %), 9V (1,0 %–5,1 %) et 12F (4,8 %–5,4 %). La prévalence globale des sérotypes du PCV13 a augmenté au cours de la même période (31,2 %–41,5 %, $p < 0,05$), tandis que la prévalence des types non vaccinaux a diminué de manière significative (27,3 %–21,5 %, $p < 0,0001$). Les taux les plus élevés de résistance aux antimicrobiens en 2021 et 2022 ont été observés avec la clarithromycine (21 %, 2021; 24 %, 2022) et l'érythromycine (22 %, 2021; 24 %, 2022). Les PI multirésistantes ont continué d'augmenter entre 2018 et 2022 (6,7 %–12,6 %, $p < 0,05$).

Conclusion : Le nombre de cas de PI a continué à diminuer en 2021 par rapport aux années précédentes, mais 2022 a vu un retour aux niveaux antérieurs à la COVID-19. La prévalence des maladies attribuables aux sérotypes 3, 4, 9V et 19F du PCV13, ainsi qu'aux sérotypes 12F et 20 autres que le PCV13, est en augmentation. Il est essentiel de surveiller les maladies infectieuses pour suivre l'évolution de la distribution des sérotypes et de la résistance aux antimicrobiens.

Citation proposée : Griffith A, Golden AR, Lefebvre B, McGeer A, Tyrrell GJ, Zhanel GG, Kus JV, Hoang L, Minion J, Van Caesele P, Smadi H, Haldane D, Yu Y, Ding X, Steven L, McFadzen J, Franklin K, Martin I. Surveillance des pneumocoques invasives au Canada, 2021–2022. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2024;50(5):135–48. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v50i05a02f>

Mots-clés : pneumocoque invasif, PI, Canada, *Streptococcus pneumoniae*, PCV13, pneumocoque, sérotype, surveillance, résistance aux antimicrobiens

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



Affiliations

*Voir la liste complète des affiliations dans le

[Appendice](#)

*Correspondance :

alyssa.golden@phac-aspc.gc.ca



Introduction

Streptococcus pneumoniae, l'agent responsable des pneumocoques invasives (PI), est à l'origine d'infections graves dans le monde entier, telles que la méningite et la bactériémie, les enfants, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées étant les plus exposés (1). La majorité des cas peuvent être attribués à un petit sous-ensemble de sérotypes, bien qu'il en existe plus de 100 différents; les stratégies de vaccination ont permis de réduire l'incidence de ces types (1,2). Les vaccins conjugués contre le pneumocoque (VCP), PCV7 (contenant les sérotypes 4, 6B, 9V, 14, 18C, 19F et 23F), PCV10 (sérotypes PCV7 plus 1,5 et 7F) et PCV13 (sérotypes PCV10 plus 3,6A et 19A) ont été introduits au Canada entre 2002 et 2011 (3-7). Ces vaccins ont permis de réduire l'incidence des sérotypes qui les composent, mais les sérotypes non vaccinaux continuent d'augmenter (3,4,8). Le PPV23, un vaccin polysidique 23-valent contre le pneumocoque (qui comprend tous les sérotypes du PCV13 sauf le 6A, ainsi que les sérotypes 2, 8, 9N, 10A, 11A, 12F, 15B/C, 17F, 20, 22F et 33F) est disponible au Canada depuis 1989 pour les adultes et les personnes âgées de plus de deux ans présentant un risque élevé de PI (6,9).

En 2023, le Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI) a recommandé l'utilisation d'un vaccin 15-valent (PCV15) : PCV13 sérotypes plus 22F et 33F) pour tous les âges supérieurs à six semaines (10,11). Un vaccin 20-valent (PCV20 : PCV15 sérotypes plus 8, 10A, 11A, 12F et 15B/C) a été recommandé pour les personnes âgées de plus de 65 ans et pour les adultes âgés de 18 à 64 ans présentant des conditions médicales sous-jacentes (12,13).

L'objectif de ce rapport de surveillance annuel est de fournir un résumé des sérotypes et de la résistance aux antimicrobiens associés aux maladies infectieuses au Canada en 2021 et 2022.

Méthodes

Programme de surveillance

La surveillance canadienne des maladies infectieuses consiste en un système passif basé sur des laboratoires où les isolats invasifs provenant des laboratoires de santé publique provinciaux et territoriaux sont envoyés au Laboratoire national de microbiologie (LNM) à Winnipeg (Manitoba), au Laboratoire de santé publique de l'Alberta (ProvLab) ou au Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ) pour y être sérotypés. 1 999 isolats de PI ont été signalés en 2021 et 3 775 en 2022 (**tableau 1** et **tableau 2**), y compris des isolats sérotypés par le LSPQ (n = 353, 2021; n = 708, 2022) et ProvLab (n = 302, 2021; n = 643, 2022). Une extension de la surveillance des PI au Québec a eu lieu en 2019 pour inclure toutes les souches invasives. Les sites d'isolement clinique stériles comprennent le sang, le liquide céphalo-rachidien, le liquide péritonéal, péricardique ou articulaire, les sites internes du corps et les tissus profonds, y compris les échantillons chirurgicaux ou de biopsie. Dans le présent rapport, les isolats provenant du liquide pleural (empyème) sont inclus, bien qu'ils ne répondent pas à la définition de cas nationale actuelle pour les maladies invasives, car ils sont largement considérés comme invasifs dans d'autres territoires de compétence (3).

Analyse d'isolats

Les isolats de maladies pneumococciques invasives ont été dépistés à l'aide de la solubilité biliaire et de la sensibilité à l'optochine au LNM jusqu'en octobre 2022, date à laquelle la solubilité biliaire a été discontinuée (Oxoid) (14). Le sérotypage des PI au LSPQ et au ProvLab Alberta a été effectué par la réaction de Quellung à l'aide d'antisérums commerciaux (SSI Diagnostica; Statens Serum Institut, Copenhague, Danemark) (15). Le sérotypage au LNM a été effectué par la réaction de Quellung jusqu'en octobre 2022; de novembre 2022

Tableau 1 : Nombre d'isolats de *Streptococcus pneumoniae* invasifs soumis par province, 2021

Province	Groupe d'âge (années)						Non communiqué	Total
	Moins de 2	2 à 4	5 à 14	15 à 49	50 à 64	65 et plus		
Colombie-Britannique ^a	4	4	5	90	93	82	0	278
Alberta	4	9	3	131	87	65	3	302
Saskatchewan	2	4	1	45	28	24	0	104
Manitoba	9	8	3	58	38	25	0	141
Ontario	51	22	13	153	162	204	5	610
Québec	45	23	8	90	120	165	0	451
Atlantique ^b	4	1	0	17	33	30	3	88
Nord ^c	0	1	0	11	13	0	0	25
Total	119 (6 %)	72 (4 %)	33 (2 %)	595 (30 %)	574 (29 %)	595 (30 %)	11 (1 %)	1 999

^a Inclut des isolats du Yukon

^b Comprend les isolats du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve-et-Labrador

^c Comprend les isolats des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut

Remarque : Les données d'incidence des maladies basées sur la population pour les années 2009 à 2021 ont été obtenues par l'entremise du Système canadien de surveillance des maladies à déclaration obligatoire (SCSDEO). Les données démographiques pour les taux d'incidence ont été obtenues à partir des estimations annuelles de la population de Statistique Canada

Tableau 2 : Nombre d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* soumis par province, 2022

Province	Groupe d'âge (années)						Non communiqué	Total
	Moins de 2	2 à 4	5 à 14	15 à 49	50 à 64	65 et plus		
Colombie-Britannique ^a	10	10	12	172	134	176	2	516
Alberta	22	15	17	272	177	135	2	640
Saskatchewan	8	9	5	109	60	47	0	238
Manitoba	10	2	8	97	61	55	0	233
Ontario	64	59	48	260	340	395	4	1 170
Québec	46	25	22	156	183	365	0	797
Atlantique ^b	6	3	10	26	44	65	5	159
Nord ^c	0	0	1	8	9	4	0	22
Total	166 (4 %)	123 (3 %)	123 (3 %)	1 100 (29 %)	1 008 (27 %)	1 242 (33 %)	13 (0,3 %)	3 775

^a Inclut des isolats du Yukon

^b Comprend les isolats du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve-et-Labrador

^c Comprend les isolats des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut

à décembre 2022, le séquençage du génome entier (SGE) a été effectué sur tous les isolats soumis au LNM à l'aide de la plateforme Illumina, les sérotypes étant identifiés directement à l'aide du pipeline *WGS Analysis and Detection of Molecular Markers (WADE)* (en anglais seulement), comme décrit ailleurs (16). Les isolats non typables par SGE ont été confirmés par la réaction de Quellung et l'analyse BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) du gène *rpoB* du National Center for Biotechnology Information (NCBI) (15,17). Pour cette étude, les sérotypes 15B et 15C ont été regroupés sous le nom de 15B/C en raison de la commutation réversible signalée entre eux *in vivo* au cours de l'infection, ce qui rend difficile la différenciation entre les deux types (18,19).

Des tests de sensibilité aux antimicrobiens ont été effectués sur la plupart des 2021 isolats de PI soumis au LNM pour sérotypage par les laboratoires provinciaux de santé publique (Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Québec, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador, et six des huit régions sanitaires du Nouveau-Brunswick). En collaboration avec l'Université du Manitoba et l'Alliance canadienne de la résistance aux antimicrobiens, les concentrations inhibitrices minimales ont été déterminées à l'aide d'une microdilution en milieu liquide interne, conformément aux lignes directrices du Clinical & Laboratory Standards Institute (CLSI) (20,21). Les concentrations minimales inhibitrices pour les isolats de 2022 ont été déterminées en combinant la sensibilité prédite par le SGE et la microdilution en milieu liquide interne (20–22). Les antimicrobiens inclus dans ce rapport sont la pénicilline, la ceftriaxone, le chloramphénicol, la clarithromycine, la clindamycine, la doxycycline, l'érythromycine, le triméthoprime/sulfaméthoxazole, le linézolide et la vancomycine. Les normes d'interprétation de la concentration minimale inhibitrice ont été définies selon les points de rupture du CLSI (21). Dans le cadre de ce rapport, la multirésistance aux médicaments (MRM) a été définie comme une résistance à trois classes ou plus d'antimicrobiens.

Analyse des données

Comme décrit précédemment (23), les données soumises avec les isolats bactériens comprenaient l'âge du patient, le sexe, la source clinique, la province et la date de prélèvement. Les doubles isolats prélevés chez le même patient dans les 14 jours ont été comptés une fois s'il s'agissait du même sérotype, le site d'isolement le plus invasif étant retenu. Les isolats liés à la méningite étaient considérés comme les plus invasifs, suivis du sang et des autres sites stériles. Les données ont été agrégées par âge en groupes moins de 2, 2 à 4, 5 à 14, 15 à 49, 50 à 64, et 65 ans et plus, et par région en régions de l'Ouest (Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan, Manitoba), du Centre (Ontario, Québec), de l'Est (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard, Terre-Neuve-et-Labrador) et du Nord (Yukon, Territoires du Nord-Ouest et Nunavut) du Canada. La signification statistique des tendances a été évaluée à l'aide du test de tendance de Cochran-Armitage, une valeur *p* de < 0,05 étant considérée comme statistiquement significative.

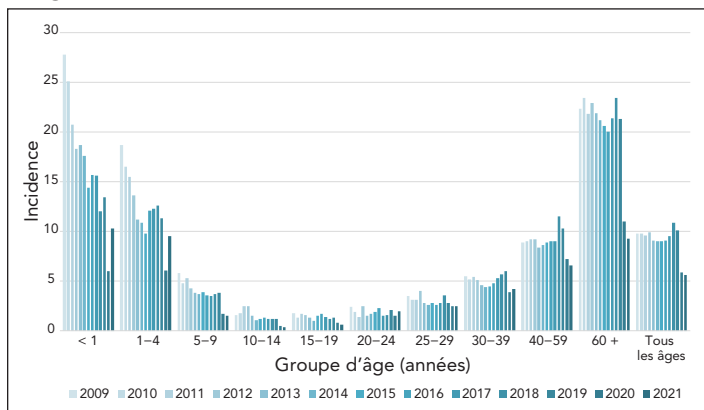
Résultats

Les taux d'incidence globaux des PI au Canada sont restés stables de 2009 à 2019 (9,8–10,1), puis ont diminué en 2020 et 2021 pour atteindre moins de six cas pour 100 000 habitants (**figure 1, appendice, tableau S1 du supplément**).

Le nombre d'isolats soumis en 2022 (*n* = 3 775) a fortement augmenté par rapport à 2021 (*n* = 1 999), en particulier au cours des premier et dernier trimestres de 2022 (appendice, **figure S1**). La répartition entre les groupes d'âge est restée stable d'une année sur l'autre. Les nourrissons âgés de moins de 2 ans représentaient 4 % à 6 % des isolats, les tout-petits âgés de 2 à 4 ans, 3 % à 4 %, les enfants âgés de 5 à 14 ans, 2 % à 3 %, les patients âgés de 15 à 49 ans, 29 % à 30 %, les adultes âgés de 50 à 64 ans, 27 % à 29 % et les personnes âgées de 65 ans et plus, 30 % à 33 % (tableau 1 et tableau 2). Parmi les isolats pour



Figure 1 : Incidence annuelle des cas de pneumococcie invasive pour 100 000 habitants au Canada, par groupe d'âge, 2009–2021^a



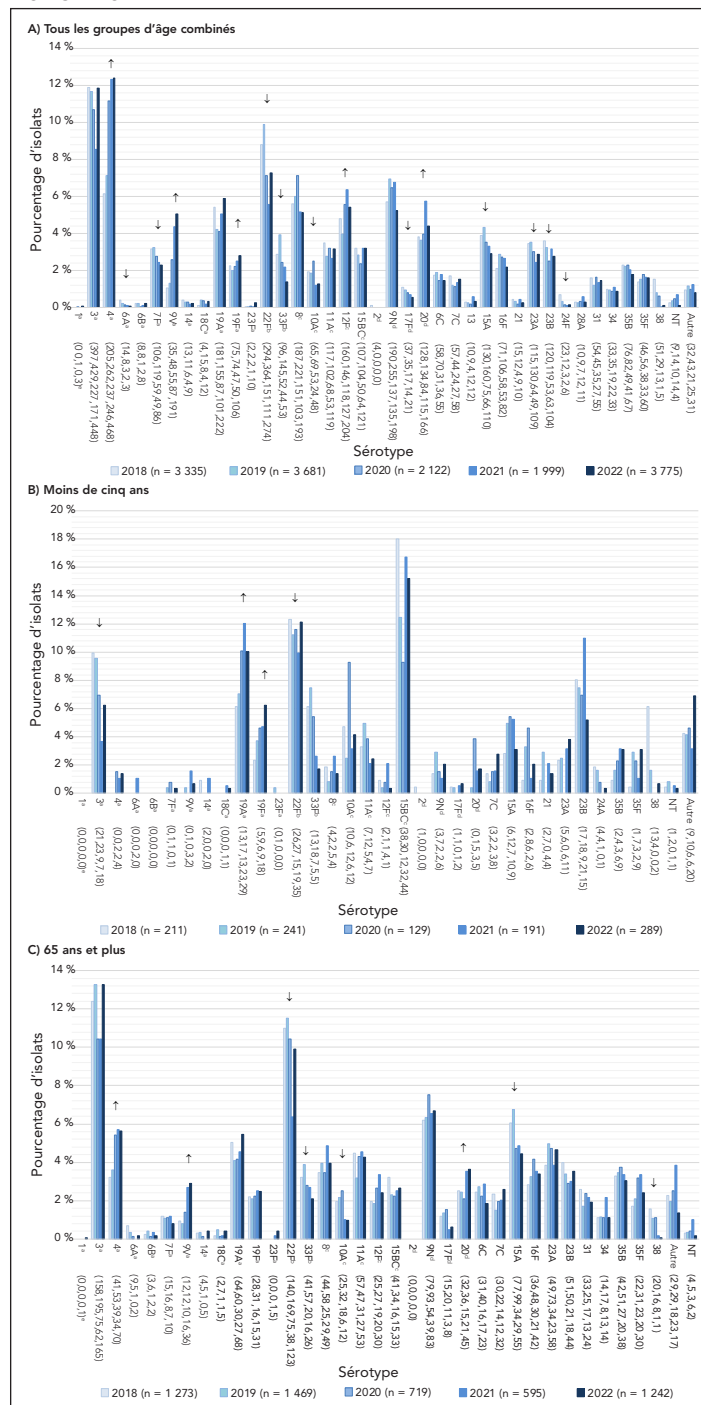
^a Données du Système canadien de surveillance des maladies à déclaration obligatoire (SCSDEO); les données pour 2022 n'étaient pas disponibles au moment de la rédaction

lesquels l'information sur le sexe était disponible, les isolats provenant de patients de sexe masculin représentaient 58,2 % (n = 1 152) et 57 % (n = 2 152) des isolats collectés en 2021 et 2022, respectivement. Le sang était le site d'isolement clinique le plus fréquent, représentant 94 % (n = 1 877) des isolats en 2021 et 92 % (n = 3 460) en 2022. Des informations supplémentaires sur la source des spécimens par âge et par sérotype sont disponibles en appendice, figures S2 à S5.

Les sérotypes les plus fréquemment prélevés en 2021 et 2022 étaient 4 (12,3 %, n = 246 et 12,4 %, n = 468) et 3 (8,6 %, n = 171 et 11,9 %, n = 448) (figure 2, A). Les autres sérotypes courants étaient 22F, 19A, 12F et 9N. Les sérotypes qui ont montré des tendances significatives à l'augmentation de la prévalence entre 2018 et 2022 comprennent les sérotypes 4 (6,1 %–12,4 %, p < 0,001), 9V (1,0 %–5,1 %, p = 0,011) et 19F (2,2 %–2,8 %, p = 0,0422) du PCV13, ainsi que les sérotypes 12F (4,8 %–5,4 %, p = 0,0068) et 20 (3,8 %–4,4 %, p = 0,0143) (figure 2A). Les sérotypes vaccinaux dont la prévalence a significativement diminué entre 2018 et 2022 sont 22F, 33F (p < 0,0001) et 6A, 7F, 10A et 17F (p ≤ 0,007) (figure 2A).

Les trois sérotypes les plus fréquents chez les enfants de moins de deux ans en 2021 et 2022, respectivement, étaient 15B/C (10,9 %, 15,1 %), 22F (12,6 %, 10,8 %) et 19A (12,6 %, 9,6 %), tandis que le plus fréquent chez les enfants de 2 à 4 ans était le sérotype 15B/C (26,4 %, 15,4 %), suivi du 22F (5,6 %, 13,8 %). Les sérotypes 22F (18,2 %, 17,1 %), 3 (3,0 %, 12,2 %) et 19F (15,2 %, 11,4 %) étaient les plus fréquents chez les 5 à 14 ans. Le sérotype 4 était le plus répandu chez les 15 à 49 ans (22,7 %, 21,8 %), suivi des sérotypes 12F (9,1 %, 10,5 %) et 3 (7,4 %, 9,3 %). Les sérotypes 4 (12,7 %, 14,9 %) et 3 (9,9 %, 14,6 %) étaient les plus fréquents chez les 50 à 64 ans, tandis que les sérotypes 3 (10,4 %, 13,3 %) et 22F (6,4 %, 9,9 %) dominaient chez les adultes de plus de 65 ans. Voir la figure 2 et l'appendice, figures S6 à S7.

Figure 2 : Tendances de la prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* par âge, 2018–2022^{a,b,c,d,e,f,g}



^a Composant du PCV13
^b Composant du PCV15
^c Composant du PCV20
^d Composant du PPV23
^e Nombre d'isolats pour 2018, 2019, 2020, 2021 et 2022, respectivement
^f Pour les sérotypes avec un N ≥ 30 global (2018 à 2022) : les flèches vers le haut ou vers le bas indiquent des tendances statistiquement significatives vers une augmentation ou une diminution de la prévalence pour la période 2018 à 2022, en utilisant le test du khi-carré pour la tendance. Les sérotypes sans flèche n'ont pas démontré de tendance statistiquement significative ou n'ont pas eu de valeur N ≥ 30
^g Les sérotypes 15B et 15C ont été regroupés sous le nom de 15B/C en raison de la commutation réversible signalée entre eux *in vivo* au cours de l'infection, ce qui rend difficile la différenciation précise entre les deux types (18,19). Les tendances pour des groupes d'âge plus détaillés se trouvent dans le matériel complémentaire en appendice, figures S8 à S12



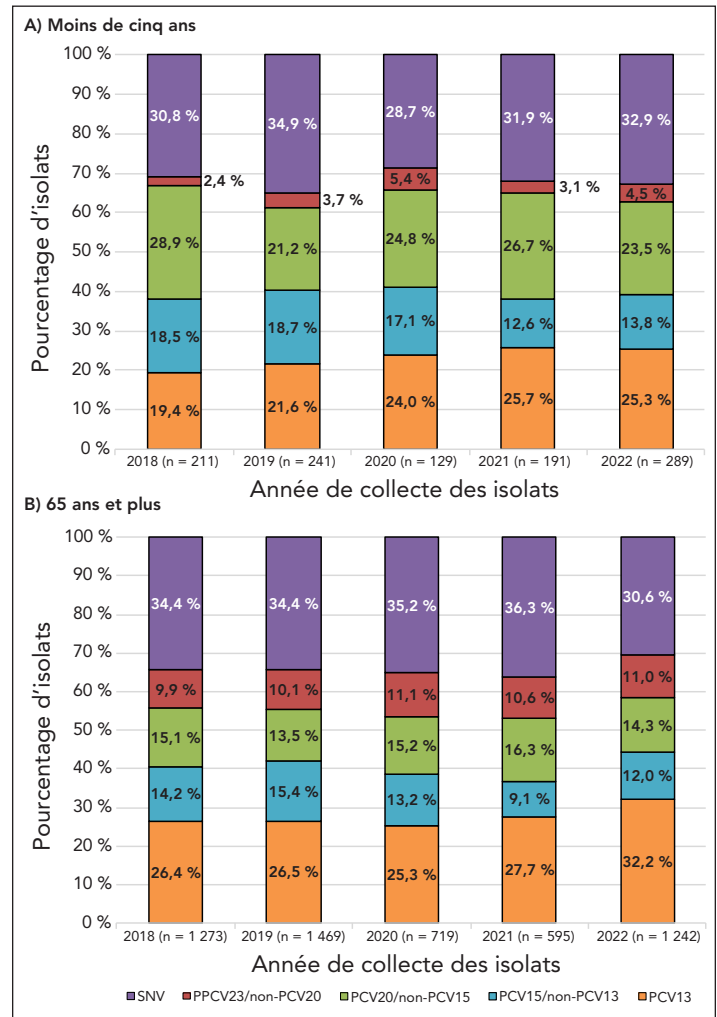
Des augmentations significatives des sérotypes 19A (7,1 %–10,0 %, $p = 0,04$) et 19F (3,7 %–6,2 %, $p = 0,035$) ont été observées chez les enfants de moins de cinq ans entre 2018 et 2022 (figure 2B). Le sérotype 19F a également augmenté de manière significative chez les enfants de 5 à 14 ans (4,4 %–11,4 %, $p = 0,0265$). Les patients âgés de 15 à 49 ans ont vu une augmentation significative des sérotypes 4 (11,7 %–21,8 %, $p < 0,0267$) et 9V (1,4 %–7,6 %, $p < 0,0001$). Les adultes âgés de 50 à 64 ans ont connu des augmentations similaires pour les sérotypes 4 (7,8 %–14,9 %, $p < 0,0001$) et 9V (1,4 %–6,1 %, $p < 0,0001$). Des augmentations significatives chez les personnes âgées ≥ 65 ans ont été observées pour les sérotypes 4 (3,2 %–5,6 %, $p = 0,0003$), 9V (0,9 %–2,9 %, $p < 0,0001$) et 20 (2,5 %–3,6 %, $p = 0,0039$) (figure 2C). Les sérotypes 6A, 7F, 22F, 33F, 10A, 17F, 15A, 23A, 23B, 24F et 38 ont tous montré des diminutions significatives entre 2018 et 2022 pour tous les groupes d'âge combinés ($p \leq 0,047$) (figure 2A).

Au niveau régional, les deux principaux sérotypes associés à l'Ouest du Canada, 4 (18,2 %, 2021; 18,0 %, 2022) et 3 (8,0 %, 2021; 11,5 %, 2022), sont restés les mêmes que les années précédentes. Dans le centre du Canada, le sérotype 3 reste le plus répandu (9,1 %, 2021; 12,1 %, 2022), suivi du 19A (7,4 %, 2021; 8,4 %, 2022). Dans l'Est du Canada, les sérotypes 20 (15,9 %) et 22F (11,4 %) étaient les plus fréquents en 2021, tandis que les sérotypes 4 (15,7 %) et 3 (14,5 %) étaient prédominants en 2022. Le sérotype 4 continue de dominer dans le nord du Canada (81 %, 2021; 34 %, 2022) (appendice, figures S13 à S17).

Les sérotypes appartenant au vaccin PCV13 actuellement recommandé ont vu leur prévalence globale augmenter de manière significative entre 2018 et 2022 (31,2 %–41,5 %, $p = 0,0269$); cette augmentation a été observée dans tous les groupes d'âge, à l'exception des enfants âgés de 2 à 14 ans. La proportion de sérotypes uniques du PCV15 a diminué de manière significative dans l'ensemble (11,7 %–8,7 %, $p < 0,0001$), mais il n'y a pas eu de changement significatif dans le groupe d'âge des moins de 15 ans. Les proportions des sérotypes uniques du PCV20 et du PPV23 n'ont pas changé de manière significative entre 2018 et 2022 parmi les groupes d'âge. Le nombre de sérotypes non vaccinaux a globalement diminué entre 2018 et 2022 (27,3 %–21,5 %, $p < 0,001$) (figure 3, appendice, figures S18 à S23 et tableaux S2 à S8).

En raison des différents tests de sensibilité aux antimicrobiens utilisés pour 2021 et 2022, le nombre total d'isolats testés pour chaque antimicrobien a varié. Le taux de résistance le plus élevé pour 2021 et 2022 était celui de la clarithromycine (20,9 %, 2021; 24,1 %, 2022) (tableau 3). La résistance à la pénicilline a augmenté de manière significative, passant de 3,4 % en 2018 à 8,3 % en 2022 ($p < 0,0001$), tout comme la résistance à la doxycycline (8,5 %–17,15 %, $p < 0,0001$) et la résistance au triméthoprime-sulfaméthoxazole (7,5 %–14,9 %, $p < 0,0001$). Des diminutions significatives ont été observées pour la résistance au chloramphénicol (5,4 %–2,7 %, $p = 0,01$) et la résistance

Figure 3 : Tendances des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* par vaccin et par âge^a, 2018–2022



Abbreviations : SNV, sérotype non vaccinal; VCP, vaccin conjugué contre le pneumocoque; VPP, vaccin polysidique contre le pneumocoque
^a Les sérotypes vaccinaux comprennent le PCV13 (1, 3, 4, 5, 6A/C, 6B, 7F, 9V, 14, 19A, 19F, 18C, 23F); le PCV15 (tous les sérotypes du PCV13 plus 22F et 33F); PCV20 (tous les sérotypes du PCV15 plus 8, 10A, 11A, 12F, 15B/C) et PPV23 (sérotypes du PCV20 sauf 6A, plus 2, 9N, 17F, 20); SNV = tous les sérotypes non inclus dans le PCV13, PCV15, PCV20 et PPV23. Les tendances pour des groupes d'âge plus détaillés se trouvent en appendice dans les figures S18 à S23 et les tableaux S2 à S8

à l'érythromycine (25,8 %–24,0 %, $p < 0,0001$). La résistance à la ceftriaxone reste faible, allant d'un maximum de 1,0 % à un minimum de 0,3 % entre 2018 et 2022 (tableau 3). Tous les isolats étaient sensibles au linézolide et à la vancomycine. Les taux de résistance pour des sérotypes précis sont répertoriés dans les tableau 4 et tableau 5.

Les PI résistants aux médicaments ont augmenté, passant de 6,7 % (n = 124) des isolats testés en 2018 à 12,5 % (n = 135) en 2022 ($p < 0,0001$) (figure 4, appendice, tableau S9). Parmi les sérotypes pour lesquels 10 isolats ou plus ont été collectés en 2021, les taux les plus élevés de MRM ont été observés pour les sérotypes 15A (50 %, n = 10), 23A (44 %, n = 11), 19A (38,7 %, n = 12) et 9V (28,6 %, n = 35). En 2022, les taux les plus élevés de MRM ont été identifiés dans 9V (70,7 %,



Tableau 3 : Proportion d'isolats de *Streptococcus pneumoniae* invasifs résistants aux antimicrobiens par année, 2018–2022

Antimicrobien	Année (n, %)				
	2018	2019	2020	2021	2022
AXO	12 (0,7 %)	6 (0,3 %)	3 (0,3 %)	10 (1,0 %)	4 (0,4 %)
CHL	100 (5,4 %)	59 (3,2 %)	43 (4,0 %)	32 (3,2 %)	29 (2,7 %)
CLA	465 (26,2 %)	473 (26,1 %)	243 (23,7 %)	195 (20,9 %)	249 (24,1 %)
CLI	128 (6,9 %)	166 (8,9 %)	86 (8,0 %)	79 (8,0 %)	88 (8,1 %)
DOX	152 (8,5 %)	216 (11,9 %)	126 (12,2 %)	135 (14,5 %)	177 (17,2 %)
ERY	31 (25,8 %)	75 (43,9 %)	54 (44,3 %)	110 (21,6 %)	260 (24,0 %)
LEV	5 (0,3 %)	9 (0,5 %)	1 (0,1 %)	0 (0,0 %)	2 (0,2 %)
PEN	63 (3,4 %)	48 (2,6 %)	36 (3,4 %)	46 (4,7 %)	90 (8,3 %)
SXT	139 (7,5 %)	177 (9,5 %)	117 (11,0 %)	105 (10,6 %)	161 (14,9 %)

Abréviations : AXO, ceftriaxone selon la norme d'interprétation du Clinical and Laboratory Standards Institute pour la méningite parentérale; CHL, chloramphénicol; CLA, clarithromycine; CLI, clindamycine; DOX, doxycycline; ERY, érythromycine; LEV, lévofloxacine; PEN, pénicilline selon la norme d'interprétation du Clinical and Laboratory Standards Institute pour la méningite parentérale; SXT, triméthoprim/sulfaméthoxazole

Tableau 4 : Pourcentage de résistance aux antimicrobiens des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés, 2021

Sérotipe	Pourcentage d'isolats présentant une résistance aux antimicrobiens ^a							
	PEN	AXO	ERY	CLA	CLI	CHL	DOX	SXT
3 ^b	-	-	5 %	8 %	6 %	13 %	14 %	-
4 ^b	-	-	4 %	11 %	9 %	10 %	17 %	1 %
6A ^b	-	-	100 %	100 %	-	-	-	50 %
9V ^b	26 %	11 %	33 %	29 %	-	-	23 %	29 %
14 ^b	-	-	100 %	100 %	67 %	-	-	67 %
18C ^b	-	-	100 %	25 %	-	-	25 %	25 %
19A ^b	35 %	10 %	82 %	74 %	42 %	6 %	44 %	32 %
19F ^b	11 %	7 %	20 %	13 %	15 %	-	13 %	7 %
22F ^c	-	-	50 %	56 %	2 %	-	2 %	-
33F ^c	-	-	67 %	77 %	-	-	-	-
8 ^d	-	-	-	-	-	-	-	2 %
10A ^d	-	-	-	-	-	-	-	8 %
11A ^d	-	-	24 %	23 %	-	-	-	19 %
12F ^d	-	-	25 %	20 %	-	2 %	69 %	69 %
15B/C ^{d,e}	-	-	42 %	35 %	10 %	-	3 %	3 %
9N ^f	2 %	-	12 %	13 %	3 %	-	8 %	3 %
17F ^f	-	-	-	9 %	-	-	9 %	-
20 ^f	-	-	-	1 %	1 %	1 %	1 %	-
6C	6 %	-	40 %	50 %	6 %	-	6 %	19 %
7C	-	-	-	-	-	-	-	56 %
10B	-	-	-	-	-	-	33 %	-
13	-	-	33 %	25 %	25 %	-	25 %	-
15A	20 %	-	60 %	59 %	55 %	5 %	47 %	-
16F	-	-	18 %	11 %	11 %	7 %	7 %	7 %
22A	-	-	-	-	-	-	-	50 %
23A	-	-	50 %	48 %	44 %	-	48 %	8 %
23B	-	-	8 %	5 %	-	-	-	4 %
24F	-	-	-	100 %	100 %	-	50 %	-
28A	-	-	-	-	-	33 %	33 %	-
34	-	-	13 %	13 %	13 %	-	13 %	7 %
35B	57 %	4 %	38 %	52 %	-	-	-	30 %
35D	50 %	-	-	67 %	-	-	-	-
35F	-	-	-	13 %	13 %	-	7 %	-

Abréviations : AXO, ceftriaxone selon la norme d'interprétation de la méningite parentérale; CHL, chloramphénicol; CLA, clarithromycine; CLI, clindamycine; DOX, doxycycline; ERY, érythromycine; PEN, pénicilline selon la norme d'interprétation du Clinical and Laboratory Standards Institute pour la méningite parentérale; SXT, triméthoprim/sulfaméthoxazole

^a "-" indique l'absence de résistance (0 %) à l'antimicrobien

^b Composant du PCV13

^c Composant du PCV15

^d Composant du PCV20

^e Les sérotypes 15B et 15C ont été regroupés sous le nom de 15B/C en raison de la commutation réversible signalée entre eux *in vivo* au cours de l'infection, ce qui rend difficile la différenciation précise entre les deux types (18,19)

^f Composant du PPV23

Tableau 5 : Pourcentage de résistance aux antimicrobiens des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés, 2022

Sérotipe	Pourcentage d'isolats présentant une résistance aux antimicrobiens ^a							
	PEN	AXO	ERY	CLA	CLI	CHL	DOX	SXT
1 ^b	-	-	-	-	-	-	33 %	33 %
3 ^b	-	-	4 %	4 %	1 %	6 %	6 %	1 %
4 ^b	-	-	9 %	9 %	7 %	3 %	14 %	12 %
14 ^b	75 %	-	50 %	50 %	50 %	-	50 %	75 %
7F ^b	-	-	3 %	3 %	-	-	-	-
9V ^b	69 %	3 %	72 %	71 %	-	-	70 %	72 %
18C ^b	-	-	33 %	33 %	17 %	-	33 %	17 %
19A ^b	40 %	2 %	77 %	77 %	58 %	2 %	47 %	42 %
19F ^b	4 %	-	4 %	4 %	4 %	-	4 %	4 %
23F ^b	67 %	-	67 %	67 %	33 %	33 %	33 %	67 %
22F ^c	-	-	50 %	49 %	2 %	2 %	3 %	-
33F ^c	-	-	73 %	73 %	-	-	-	27 %
15B/C ^{d,e}	3 %	-	25 %	27 %	10 %	-	18 %	3 %
10A ^d	-	-	29 %	-	-	-	-	-
11A ^d	3 %	-	33 %	34 %	3 %	-	3 %	3 %
12F ^d	-	-	30 %	31 %	-	3 %	35 %	36 %
8 ^d	-	-	3 %	3 %	-	-	2 %	-
9N ^f	5 %	-	5 %	5 %	-	-	8 %	3 %
17F ^f	22 %	-	11 %	11 %	-	-	-	-
20 ^f	-	-	8 %	9 %	8 %	-	11 %	2 %
6C	-	-	50 %	50 %	17 %	17 %	33 %	17 %
6D	-	-	-	-	-	100 %	100 %	100 %
7C	-	-	-	-	-	-	8 %	69 %
13	-	-	40 %	40 %	40 %	-	60 %	60 %
15A	15 %	-	38 %	38 %	31 %	4 %	27 %	4 %
16F	-	-	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	-
17A	-	-	100 %	100 %	100 %	-	100 %	-
23A	-	-	26 %	29 %	26 %	-	29 %	9 %
23B	-	-	11 %	8 %	-	-	-	29 %
24A	-	-	-	-	-	-	-	100 %
24F	-	-	67 %	67 %	67 %	-	67 %	-
28A	-	-	-	-	-	50 %	50 %	-
35B	57 %	-	36 %	36 %	7 %	7 %	7 %	14 %
31	-	-	17 %	17 %	-	-	-	-
34	8 %	-	-	-	-	-	-	-
38	-	-	40 %	40 %	-	-	40 %	20 %

Abréviations : AXO, ceftriaxone selon la norme d'interprétation de la méningite parentérale; CHL, chloramphénicol; CLA, clarithromycine; CLI, clindamycine; DOX, doxycycline; ERY, érythromycine; PEN, pénicilline selon la norme d'interprétation du Clinical and Laboratory Standards Institute pour la méningite parentérale; SXT, triméthoprim/sulfaméthoxazole

^a "-" indique l'absence de résistance (0 %) à l'antimicrobien

^b Composant du PCV13

^c Composant du PCV15

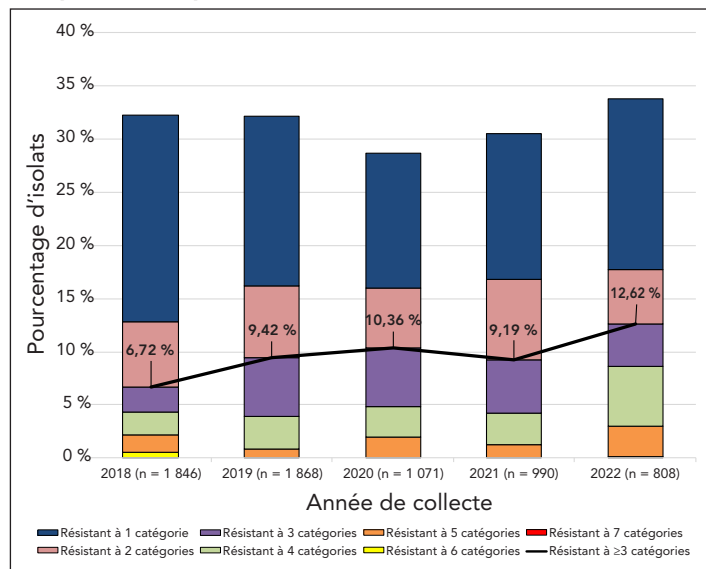
^d Composant du PCV20

^e Les sérotypes 15B et 15C ont été regroupés sous le nom de 15B/C en raison de la commutation réversible signalée entre eux *in vivo* au cours de l'infection, ce qui rend difficile la différenciation précise entre les deux types (18,19)

^f Composant du PPV23



Figure 4 : Tendence annuelle de la multirésistance de *Streptococcus pneumoniae* invasif, 2018–2022^a



^a Les classes d'antimicrobiens comprennent les bêta-lactamines (amoxicilline/acide clavulanique, pénicilline utilisant les points de rupture de la méningite, ceftriaxone utilisant les points de rupture de la méningite, imipénème et méropénème); les macrolides (clarithromycine); fluoroquinolones (lévofloxacine); tétracyclines (doxycycline); inhibiteurs de la voie des folates (triméthoprime-sulfaméthoxazole); phénicol (chloramphénicol); lincosamides (clindamycine); et oxazolidinones (linézolide)

n = 41), 19A (43,5 %, n = 27), 15A (30,8 %, n = 8) et 23A (26,5 %, n = 9) (tableau 3, appendice, **figure S25a**). Le schéma MRM le plus fréquent en 2021 était macrolide-clindamycine-tétracycline (n = 30), dont 10 de sérotype 23A (appendice, **tableau S10a**). Pour 2022, le schéma bêta-lactame-macrolide-tétracycline-triméthoprime/sulfaméthoxazole était le schéma MRM le plus fréquent (n = 43), le 9V représentant 41 d'entre eux. Les sérotypes 15A et 23A, pour 2021 et 2022, étaient résistants aux macrolides, à la clindamycine et à la tétracycline (n = 10 et n = 17, respectivement). Les isolats du sérotype 9V multirésistants étaient le plus souvent résistants à quatre classes d'antimicrobiens (bêta-lactame, macrolide, tétracycline et triméthoprime/sulfaméthoxazole; n = 41), tandis que le schéma MRM le plus courant pour le sérotype 19A était bêta-lactame-macrolide-clindamycine-tétracycline-chloramphénicol (n = 20) (appendice, **figure 25b** et **tableau S10b**).

Discussion

Le taux d'incidence national de PI au Canada pour 2021 était de 5,6 cas pour 100 000 habitants, ce qui était très similaire aux niveaux d'incidence de 2020 (5,9 cas), mais bien inférieur à l'incidence des années pré-COVID, qui allait d'un minimum de 9,0 cas en 2009 à un maximum de 10,9 cas en 2018 (figure 1). Ce taux plus faible peut être partiellement attribué au maintien des stratégies d'intervention non pharmaceutiques (INP) instituées au Canada en 2020, telles que le masquage et l'éloignement physique, le travail et la scolarisation à domicile,

et les restrictions de voyage (24,25). Des études mondiales sur les maladies pneumococquiques et la co-infection par des virus, tels que le virus respiratoire syncytial (VRS), la grippe et le métapneumovirus, suggèrent que la diminution de l'incidence de PI n'est pas seulement due aux INP, mais qu'elle est également associée à une diminution de la circulation de ces virus pendant le confinement lié à la COVID-19 (26–31). Une étude exhaustive de Rybak *et al.* portant sur des séries temporelles interrompues et incluant plusieurs systèmes de surveillance en France a conclu que les taux de portage de pneumocoques n'ayant pas changé pendant les périodes d'utilisation des INP, la diminution des PI pouvait être liée à une diminution de l'infection virale (29). Le Canada a levé progressivement les restrictions liées à la COVID-19 en 2022, y compris la levée totale de toutes les restrictions de voyage en octobre (24,32). On craint qu'une période d'augmentation de PI ne survienne en raison d'une « dette immunitaire » (manque de stimulation des systèmes immunitaires) chez les enfants, après la levée des mesures de protection liées à la COVID-19 (27,33,34). Les taux d'incidence canadiens pour les jeunes enfants âgés de moins d'un an et de 1 à 4 ans sont passés de 5,95 à 10,27 et de 6,13 à 9,51 cas pour 100 000 habitants, respectivement, entre 2020 et 2021. Aucune augmentation n'a été observée dans les groupes d'âge plus élevés (figure 1). Bien que les taux d'incidence de PI ne soient pas encore disponibles pour 2022, le Canada suivra probablement la même tendance que les autres pays. Le consortium IRIS (Invasive Respiratory Infection Surveillance) a analysé les données de surveillance de plus de trente pays, dont le Canada, et a fait état d'une diminution mondiale de l'incidence des infections respiratoires invasives pendant la période de confinement lié à la COVID-19, suivie d'une augmentation vers la fin de l'année 2021 (35). L'augmentation du nombre d'isolats de PI reçus par le LNM a coïncidé avec la levée des INP, en particulier au cours du dernier trimestre 2022 (appendice, figure S1).

Les sérotypes 3 et 4 du PCV13 sont restés les sérotypes les plus courants pour 2021 et 2022. Alors que la prévalence du sérotype 3 a diminué au cours de la période 2021 des stratégies INP au Canada, le sérotype 4 a continué à augmenter au cours de cette même période. Cette tendance peut être attribuée à la dynamique de la population et aux groupes d'âge associés à ces sérotypes. De nombreuses études menées dans les régions occidentales de l'Amérique du Nord montrent une association entre le sérotype 4 et les adultes à risque en raison de l'absence de domicile fixe et de l'abus de drogues et d'alcool (36–38). Le sérotype 3 est généralement associé à plusieurs groupes d'âge qui auraient été davantage influencés par les INP que les populations à risque associées au sérotype 4 (39). La faible immunogénicité du sérotype 3 reste un problème; des études préliminaires d'immunogénicité *in vitro* de la formulation du vaccin PCV15 montrent une réponse immunitaire accrue au sérotype 3 par rapport au PCV13, mais des preuves en situation réelle sont nécessaires pour corroborer ces études (40–42).



Les taux de résistance aux antimicrobiens pour la clarithromycine et l'érythromycine sont restés élevés (environ 24 % dans les deux cas) mais n'ont pas eu tendance à augmenter au cours de la période d'étude. Il convient de noter une augmentation de la résistance à la pénicilline (4,7 %–8,3 %), qui peut être attribuée à une augmentation des sérotypes 9V et 19A résistants à la pénicilline collectés en 2021 et 2022. Au cours de la période d'étude de cinq ans, de 2018 à 2022, on a constaté une augmentation significative de la MRM parmi les isolats testés (6,7 %–12,5 %, $p < 0,0001$). Les sérotypes 15A et 19A, qui ont toujours présenté des niveaux élevés de MRM au Canada, restent préoccupants; cependant, comme dans l'étude SAVE décrite par Adam *et al.* on a observé une diversité accrue des sérotypes MRM (43). Soixante et onze pour cent de tous les sérotypes 9V testés ont présenté une MRM en 2022, de même que 27 % des sérotypes 23A. Il sera essentiel de suivre cette évolution, car une augmentation constante des sérotypes MRM communs pourrait avoir un impact significatif sur les résultats pour les patients à l'avenir.

Limites

Les données présentées dans ce rapport doivent être interprétées avec prudence. Les provinces et les territoires ne peuvent soumettre qu'un sous-ensemble de leurs isolats au LNM pour analyse. Le nombre d'isolats soumis au LNM par rapport aux informations soumises au SCSDEO peut différer en raison des différences dans les protocoles de soumission des provinces. Les données pour 2020 et 2021 peuvent ne pas tenir compte des tendances réelles, car la pandémie de COVID-19 a eu un impact sur l'incidence de la maladie dans tous les groupes d'âge. Les augmentations significatives peuvent être attribuables à la forte augmentation du nombre d'isolats collectés en 2022.

Conclusion

L'incidence de PI au Canada a très peu varié entre 2020 et 2021 après une baisse significative entre 2019 et 2020 (les taux d'incidence pour 2022 ne sont pas disponibles au moment de l'impression). Les sérotypes 3 et 4 du vaccin PCV13 constituent une préoccupation majeure dans les groupes d'âge adultes, et les sérotypes 15B/C chez les enfants de moins de cinq ans. Il est important de poursuivre la surveillance des sérotypes de PI et de la résistance aux antimicrobiens au Canada afin de suivre les tendances existantes, d'en identifier de nouvelles et d'évaluer l'effet des vaccins PCV15 et PCV20 nouvellement recommandés.

Déclaration des auteurs

A. G. — Analyse formelle, conservation des données, visualisation, rédaction de la version originale, rédaction–révision et édition de la version définitive

A. R. G. — Analyse formelle, validation, investigation, conservation des données, visualisation, rédaction–révision et édition

B. L. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

A. M. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

G. J. T. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

G. G. Z. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

J. V. C. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

L. H. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

J. Minion — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

P. V. C. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

H. S. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

D. H. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

Y. Y. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

X. D. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

L. S. — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

J. McFadzen — Ressources, méthodologie, rédaction–révision et édition

K. F. — Rédaction–révision et édition

I. M. — Conceptualisation, validation, méthodologie, supervision, administration du projet, rédaction–révision et édition de la version définitive

Intérêts concurrents

Aucun.

Remerciements

Nous remercions Angela Yuen et Rachel Hink de l'Unité des streptocoques et des infections transmissibles sexuellement du LNM pour leur assistance technique en laboratoire, ainsi que le personnel des laboratoires provinciaux et de santé publique du Canada pour leur participation au programme national de surveillance en laboratoire.

Financement

Ce projet a bénéficié d'un financement interne de l'Agence de la santé publique du Canada.

Références

1. Scelfo C, Menzella F, Fontana M, Ghidoni G, Galeone C, Facciolongo NC. Pneumonia and Invasive Pneumococcal Diseases: The Role of Pneumococcal Conjugate Vaccine in the Era of Multi-Drug Resistance. *Vaccines (Basel)* 2021;9(5):420. DOI PubMed



2. Ganaie F, Saad JS, McGee L, van Tonder AJ, Bentley SD, Lo SW, Gladstone RA, Turner P, Keenan JD, Breiman RF, Nahm MH. A New Pneumococcal Capsule Type, 10D, is the 100th Serotype and Has a Large cps Fragment from an Oral Streptococcus. *MBio* 2020;11(3):e00937–20. DOI PubMed
3. Bettinger JA, Scheifele DW, Kellner JD, Halperin SA, Vaudry W, Law B, Tyrrell G; Canadian Immunization Monitoring Program, Active (IMPACT). The effect of routine vaccination on invasive pneumococcal infections in Canadian children, Immunization Monitoring Program, Active 2000-2007. *Vaccine* 2010;28(9):2130–6. DOI PubMed
4. Demczuk WH, Martin I, Griffith A, Lefebvre B, McGeer A, Lovgren M, Tyrrell GJ, Desai S, Sherrard L, Adam H, Gilmour M, Zhanel GG; Toronto Bacterial Diseases Network; Canadian Public Health Laboratory Network. Serotype distribution of invasive Streptococcus pneumoniae in Canada after the introduction of the 13-valent pneumococcal conjugate vaccine, 2010-2012. *Can J Microbiol* 2013;59(12):778–88. DOI PubMed
5. Desai S, McGeer A, Quach-Thanh C, Elliott D. Mise à jour sur l'utilisation des vaccins conjugués contre le pneumocoque chez les enfants : Une déclaration d'un comité consultatif (DCC). Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI). *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2010;36(ACS-12):1–23. DOI
6. Comité consultatif national de l'immunisation (CCNI). Mise à jour sur l'utilisation de vaccins contre le pneumocoque chez les adultes de 65 ans et plus – une perspective de santé publique. Ottawa, ON : CCNI; 2018. [Consulté le 28 nov. 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/vie-saine/mise-a-jour-sur-l-utilisation-de-vaccins-contre-le-pneumocoque-chez-les-adultes-de-65-ans-et-plus.html>
7. Agence de la santé publique du Canada. Programmes de vaccination systématique et de rattrapage des provinces et des territoires pour les nourrissons et les enfants au Canada. Ottawa, ON : ASPC; 2021. [Consulté le 28 nov. 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/renseignements-immunisation-provinces-et-territoires/programmes-vaccination-systematique-provinces-territoires-nourrissons-enfants.html>
8. Tyrrell GJ, Lovgren M, Chui N, Minion J, Garg S, Kellner JD, Marrie TJ. Serotypes and antimicrobial susceptibilities of invasive Streptococcus pneumoniae pre- and post-seven valent pneumococcal conjugate vaccine introduction in Alberta, Canada, 2000-2006. *Vaccine* 2009;27(27):3553–60. DOI PubMed
9. Agence de la santé publique du Canada. Vaccins contre le pneumocoque : Guide canadien d'immunisation. Ottawa, ON : ASPC; 2021. [Consulté le 28 nov. 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/vie-saine/guide-canadien-immunisation-partie-4-agents-immunisation-active/page-16-vaccin-contre-pneumocoque.html>
10. Greenberg D, Hoover PA, Vesikari T, Peltier C, Hurley DC, McFetridge RD, Dallas M, Hartzel J, Marchese RD, Coller BG, Stek JE, Abeygunawardana C, Winters MA, MacNair JE, Pujar NS, Musey L. Safety and immunogenicity of 15-valent pneumococcal conjugate vaccine (PCV15) in healthy infants. *Vaccine* 2018;36(45):6883–91. DOI PubMed
11. Comité consultatif national de l'immunisation. Directives provisoires sur l'utilisation du vaccin conjugué 15-valent (PNEU-C-15) contre le pneumocoque dans les populations pédiatriques. Ottawa, ON : CCNI; 2023. [Consulté le 28 nov. 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/vaccins-immunisation/comite-consultatif-national-immunisation-directives-provisoires-vaccin-conjuge-15-valent-pneu-c-15-pneumocoque-populations-pediatriques.html>
12. Hurley D, Griffin C, Young M, Scott DA, Pride MW, Scully IL, Ginis J, Severs J, Jansen KU, Gruber WC, Watson W. Safety, Tolerability, and Immunogenicity of a 20-Valent Pneumococcal Conjugate Vaccine (PCV20) in Adults 60 to 64 Years of Age. *Clin Infect Dis* 2021;73(7):e1489–97. DOI PubMed
13. Comité consultatif national de l'immunisation. Recommandations au niveau de la santé publique sur l'utilisation des vaccins contre le pneumocoque chez les adultes, y compris l'utilisation des vaccins conjugués 15-valent et 20-valent. Ottawa, ON : CCNI; 2023. [Consulté le 28 nov. 2023]. <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/immunisation/comite-consultatif-national-immunisation-ccni/recommandations-niveau-sante-publique-utilisation-vaccins-contre-pneumocoque-adultes-compris-utilisation-vaccins-conjuges-15-valent-20-valent.html>
14. Spellerberg B, Brandt C. *Manual of Clinical Microbiology*. 11th ed. Jorgensen JH, Carroll KC, Funke G, Pfaller MA, Landry M, Richter SS. Washington: ASM Press; 2015;383–402.
15. Austrian R. The quellung reaction, a neglected microbiologic technique. *Mt Sinai J Med* 1976;43(6):699–709. PubMed
16. Golden AR, Adam HJ, Karlowsky JA, Baxter M, Schellenberg J, Martin I, Demczuk W, Minion J, Van Caesele P, Kus JV, McGeer A, Lefebvre B, Smadi H, Haldane D, Yu Y, Mead K, Mulvey MR, Zhanel GG. Genomic investigation of the most common Streptococcus pneumoniae serotypes causing invasive infections in Canada: the SAVE study, 2011-2020. *J Antimicrob Chemother* 2023;78 Suppl 1:i26–36. DOI PubMed



17. Drancourt M, Roux V, Fournier PE, Raoult D. rpoB gene sequence-based identification of aerobic Gram-positive cocci of the genera *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Gemella*, *Abiotrophia*, and *Granulicatella*. *J Clin Microbiol* 2004;42(2):497–504. DOI PubMed
18. Venkateswaran PS, Stanton N, Austrian R. Type variation of strains of *Streptococcus pneumoniae* in capsular serogroup 15. *J Infect Dis* 1983;147(6):1041–54. DOI PubMed
19. van Selm S, van Cann LM, Kolkman MA, van der Zeijst BA, van Putten JP. Genetic basis for the structural difference between *Streptococcus pneumoniae* serotype 15B and 15C capsular polysaccharides. *Infect Immun* 2003;71(11):6192–8. DOI PubMed
20. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically*, M07. Wayne, PA; 2018.
21. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. M100, 31st Edition. Wayne, PA, USA; 2021.
22. Demczuk W, Martin I, Griffith A, Lefebvre B, McGeer A, Tyrrell GJ, Zhanel GG, Kus JV, Hoang L, Minion J, Van Caesele P, Gad RR, Haldane D, Zahariadis G, Mead K, Steven L, Strudwick L, Mulvey MR. Linear Regression Equations To Predict β -Lactam, Macrolide, Lincosamide, and Fluoroquinolone MICs from Molecular Antimicrobial Resistance Determinants in *Streptococcus pneumoniae*. *Antimicrob Agents Chemother* 2022;66(1):e0137021. DOI PubMed
23. Golden A, Griffith A, Demczuk W, Lefebvre B, McGeer A, Tyrrell G, Zhanel G, Kus J, Hoang L, Minion J, Van Caesele P, Smadi H, Haldane D, Zahariadis G, Mead K, Steven L, Strudwick L, Li A, Mulvey M, Martin I. Surveillance des pneumocoques invasives au Canada, 2020. *Relevé des maladies transmissibles au Canada* 2022;48(9):438–49. DOI
24. Institut canadien d'information sur la santé. *Calendrier des interventions liées à la COVID-19 au Canada*. Ottawa, ON : ICIS; 2022. [Consulté le 10 déc. 2023]. <https://www.cihi.ca/fr/calendrier-des-interventions-liees-a-la-covid-19-au-canada>
25. Brueggemann AB, Jansen van Rensburg MJ, Shaw D, McCarthy ND, Jolley KA, Maiden MC, van der Linden MP, Amin-Chowdhury Z, Bennett DE, Borrow R, Brandileone MC, Broughton K, Campbell R, Cao B, Casanova C, Choi EH, Chu YW, Clark SA, Claus H, Coelho J, Corcoran M, Cottrell S, Cunney RJ, Dalby T, Davies H, de Gouveia L, Deghmane AE, Demczuk W, Desmet S, Drew RJ, du Plessis M, Erlendsdottir H, Fry NK, Fuursted K, Gray SJ, Henriques-Normark B, Hale T, Hilty M, Hoffmann S, Humphreys H, Ip M, Jacobsson S, Johnston J, Kozakova J, Kristinsson KG, Krizova P, Kuch A, Ladhani SN, Lâm TT, Lebedova V, Lindholm L, Litt DJ, Martin I, Martiny D, Mattheus W, McElligott M, Meehan M, Meiring S, Mölling P, Morfeldt E, Morgan J, Mulhall RM, Muñoz-Almagro C, Murdoch DR, Murphy J, Musilek M, Mzabi A, Perez-Argüello A, Perrin M, Perry M, Redin A, Roberts R, Roberts M, Rokney A, Ron M, Scott KJ, Sheppard CL, Siira L, Skoczylska A, Sloan M, Slotved HC, Smith AJ, Song JY, Taha MK, Toropainen M, Tsang D, Vainio A, van Sorge NM, Varon E, Vlach J, Vogel U, Vohnova S, von Gottberg A, Zanella RC, Zhou F. Changes in the incidence of invasive disease due to *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, and *Neisseria meningitidis* during the COVID-19 pandemic in 26 countries and territories in the Invasive Respiratory Infection Surveillance Initiative: a prospective analysis of surveillance data. *Lancet Digit Health* 2021;3(6):e360–70. DOI PubMed
26. Weinberger DM, Klugman KP, Steiner CA, Simonsen L, Viboud C. Association between respiratory syncytial virus activity and pneumococcal disease in infants: a time series analysis of US hospitalization data. *PLoS Med* 2015;12(1):e1001776. DOI PubMed
27. Bertran M, Amin-Chowdhury Z, Sheppard C, Eletu S, Zamarreño DV, Ramsay ME. Increased Incidence of Invasive Pneumococcal Disease in Children in England: July to December 2021, Compared to Pre-Pandemic Years (2017-2019). *SSRN Electronic Journal*. 2022. DOI
28. Danino D, Ben-Shimol S, van der Beek BA, Givon-Lavi N, Avni YS, Greenberg D, Weinberger DM, Dagan R. Decline in Pneumococcal Disease in Young Children During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic in Israel Associated With Suppression of Seasonal Respiratory Viruses, Despite Persistent Pneumococcal Carriage: A Prospective Cohort Study. *Clin Infect Dis* 2022;75(1): e1154–64. DOI PubMed
29. Rybak A, Levy C, Angoulvant F, Auvrignon A, Gembara P, Danis K, Vaux S, Levy-Bruhl D, van der Werf S, Béchet S, Bonacorsi S, Assad Z, Lazzati A, Michel M, Kaguelidou F, Faye A, Cohen R, Varon E, Ouldali N. Association of Nonpharmaceutical Interventions During the COVID-19 Pandemic With Invasive Pneumococcal Disease, Pneumococcal Carriage, and Respiratory Viral Infections Among Children in France. *JAMA Netw Open* 2022;5(6):e2218959. DOI PubMed



30. Ricketson LJ, Kellner JD. Changes in the Incidence of Invasive Pneumococcal Disease in Calgary, Canada, during the SARS-CoV-2 Pandemic 2020-2022. *Microorganisms* 2023;11(5):1333. DOI PubMed
31. Ouldali N, Deceuninck G, Lefebvre B, Gilca R, Quach C, Brousseau N, Tapiero B, De Wals P. Increase of invasive pneumococcal disease in children temporally associated with RSV outbreak in Quebec: a time-series analysis. *Lancet Reg Health Am* 2023;19:100448. DOI PubMed
32. Agence de la santé publique du Canada. À compter du 1^{er} 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 10 déc. 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>
33. Cohen R, Ashman M, Taha MK, Varon E, Angoulvant F, Levy C, Rybak A, Ouldali N, Guiso N, Grimprel E. Pediatric Infectious Disease Group (GPIP) position paper on the immune debt of the COVID-19 pandemic in childhood, how can we fill the immunity gap? *Infect Dis Now*. 2021 Aug;51(5):418–23. DOI PubMed
34. Cohen R, Pettoello-Mantovani M, Somekh E, Levy C. European Pediatric Societies Call for an Implementation of Regular Vaccination Programs to Contrast the Immunity Debt Associated to Coronavirus Disease-2019 Pandemic in Children. *J Pediatr* 2022;242:260–61.e3. DOI PubMed
35. Shaw D, Abad R, Amin-Chowdhury Z, Bautista A, Bennett D, Broughton K, Cao B, Casanova C, Choi EH, Chu YW, Claus H, Coelho J, Corcoran M, Cottrell S, Cunney R, Cuyper L, Dalby T, Davies H, de Gouveia L, Deghmane AE, Demczuk W, Desmet S, Domenech M, Drew R, du Plessis M, Duarte C, Erlendsdóttir H, Fry NK, Fursted K, Hale T, Henares D, Henriques-Normark B, Hilty M, Hoffmann S, Humphreys H, Ip M, Jacobsson S, Johnson C, Johnston J, Jolley KA, Kawabata A, Kozakova J, Kristinsson KG, Krizova P, Kuch A, Ladhani S, Lâm TT, León ME, Lindholm L, Litt D, Maiden MC, Martin I, Martiny D, Mattheus W, McCarthy ND, Meehan M, Meiring S, Mölling P, Morfeldt E, Morgan J, Mulhall R, Muñoz-Almagro C, Murdoch D, Murphy J, Musilek M, Mzabi A, Novakova L, Oftadeh S, Perez-Argüello A, Pérez-Vázquez M, Perrin M, Perry M, Prevost B, Roberts M, Rokney A, Ron M, Sanabria OM, Scott KJ, Sheppard C, Siira L, Sintchenko V, Skoczyńska A, Sloan M, Slotved HC, Smith AJ, Steens A, Taha MK, Toropainen M, Tzanakaki G, Vainio A, van der Linden MP, van Sorge NM, Varon E, Vohnova S, von Gottberg A, Yuste J, Zanella R, Zhou F, Brueggemann AB. Trends in invasive bacterial diseases during the first 2 years of the COVID-19 pandemic: analyses of prospective surveillance data from 30 countries and territories in the IRIS Consortium. *Lancet Digit Health* 2023;5(9):e582–93. DOI PubMed
36. Steinberg J, Bressler SS, Orell L, Thompson GC, Kretz A, Reasonover AL et al. Invasive Pneumococcal Disease and Potential Impact of Pneumococcal Conjugate Vaccines Among Adults, Including Persons Experiencing Homelessness—Alaska, 2011–2020. *Clin Infect Dis* 2023. DOI PubMed
37. Beall B, Walker H, Tran T, Li Z, Varghese J, McGee L, Li Y, Metcalf BJ, Gierke R, Mosites E, Chochua S, Pilishvili T. Upsurge of Conjugate Vaccine Serotype 4 Invasive Pneumococcal Disease Clusters Among Adults Experiencing Homelessness in California, Colorado, and New Mexico. *J Infect Dis* 2021;223(7):1241–9. DOI PubMed
38. Kellner JD, Ricketson LJ, Demczuk WH, Martin I, Tyrrell GJ, Vanderkooi OG, Mulvey MR. Whole-Genome Analysis of *Streptococcus pneumoniae* Serotype 4 Causing Outbreak of Invasive Pneumococcal Disease, Alberta, Canada. *Emerg Infect Dis* 2021;27(7):1867–75. DOI PubMed
39. Imöhl M, Reinert RR, Ocklenburg C, van der Linden M. Association of serotypes of *Streptococcus pneumoniae* with age in invasive pneumococcal disease. *J Clin Microbiol* 2010;48(4):1291–6. DOI PubMed
40. Platt HL, Cardona JF, Haranaka M, Schwartz HI, Narejos Perez S, Dowell A, Chang CJ, Dagan R, Tamms GM, Sterling T, Morgan L, Shi Y, Pedley A, Musey LK, Buchwald UK. A phase 3 trial of safety, tolerability, and immunogenicity of V114, 15-valent pneumococcal conjugate vaccine, compared with 13-valent pneumococcal conjugate vaccine in adults 50 years of age and older (PNEU-AGE). *Vaccine* 2022;40(1):162–72. DOI PubMed
41. Lupinacci R, Rupp R, Wittawatmongkol O, Jones J, Quinones J, Ulukol B, Dagan R, Richmond P, Stek JE, Romero L, Koseoglu S, Tamms G, McFetridge R, Li J, Cheon K, Musey L, Bannietts N, Bickham K; V114-029 PNEU-PED study group. A phase 3, multicenter, randomized, double-blind, active-comparator-controlled study to evaluate the safety, tolerability, and immunogenicity of a 4-dose regimen of V114, a 15-valent pneumococcal conjugate vaccine, in healthy infants (PNEU-PED). *Vaccine* 2023;41(5):1142–52. DOI PubMed
42. Kanevsky I, Surendran N, McElwee K, Lei L, Watson W, Pride M, Scully I, Karazum H, Anderson A, Young M. Comparison of pneumococcal immunogenicity elicited by the PCV13 and PCV15 vaccines in adults 18 through 49 years of age. *Vaccine* 2023;41(45):6625–9. DOI PubMed
43. Adam HJ, Karlowky JA, Baxter MR, Schellenberg J, Golden AR, Martin I, Demczuk W, Mulvey MR, Zhanel GG. Analysis of MDR in the predominant *Streptococcus pneumoniae* serotypes in Canada: the SAVE study, 2011-2020. *J Antimicrob Chemother* 2023;78 Suppl 1:i17–25. DOI PubMed



Appendice

Des figures et des tableaux supplémentaires sont disponibles sur demande auprès de l'auteur.

Tableau S1 : Incidence annuelle des cas de pneumocoque invasive pour 100 000 habitants au Canada, par groupe d'âge, 2010–2021

Figure S1 : Nombre d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés chaque trimestre pour les moins de 15 ans et les 15 ans et plus, 2018–2022

Figure S2a : Site d'isolement clinique des infections invasives à pneumocoques collectées en 2021, par âge

Figure S2b : Site d'isolement clinique des infections invasives à pneumocoques collectées en 2022, par âge

Figure S3a : Pourcentage d'isolats sanguins invasifs de *Streptococcus pneumoniae* en 2021, par sérotype

Figure S3b : Pourcentage d'isolats sanguins invasifs de *Streptococcus pneumoniae* en 2022, par sérotype

Figure S4a : Pourcentage d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le liquide céphalorachidien en 2021, par sérotype

Figure S4b : Pourcentage d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le liquide céphalorachidien en 2022, par sérotype

Figure S5a : Pourcentage d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* provenant d'autres sites stériles en 2021, par sérotype

Figure S5b : Pourcentage d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* provenant d'autres sites stériles en 2022, par sérotype

Figure S6a : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* isolés en 2021 dans les groupes d'âge moins de 2, 2 à 4 et 5 à 14 ans

Figure S6b : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* isolés en 2022 dans les groupes d'âge moins de 2, 2 à 4, et 5 à 14 ans

Figure S7a : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* isolés en 2021 pour les groupes d'âge 15 à 49, 50 à 64 et 65 ans et plus

Figure S7b : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* isolés en 2022 pour les groupes d'âge 15 à 49, 50 à 64 et 65 ans et plus

Figure S8 : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le groupe d'âge moins de 2 ans, 2018–2022

Figure S9 : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le groupe d'âge des 2 à 4 ans, 2018–2022

Figure S10 : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le groupe d'âge des 5 à 14 ans, 2018–2022

Figure S11 : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le groupe d'âge des 15 à 49 ans, 2018–2022

Figure S12 : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* dans le groupe d'âge des 50 à 64 ans, 2018–2022

Figure S13a : Nombre d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés en 2021, par région et par sérotype

Figure S13b : Nombre d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés en 2022, par région et par sérotype

Figure S14a : Prévalence des dix sérotypes invasifs les plus courants de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans l'Ouest du Canada, 2021

Figure S14b : Prévalence des dix sérotypes invasifs les plus courants de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans l'Ouest du Canada, 2022

Figure S15a : Prévalence des dix sérotypes invasifs les plus courants de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans le centre du Canada, 2021

Figure S15b : Prévalence des dix sérotypes invasifs les plus courants de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans le centre du Canada, 2022

Figure S16a : Prévalence des dix sérotypes invasifs les plus courants de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans l'Est du Canada, 2021

Figure S16b : Prévalence des dix sérotypes invasifs les plus courants de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans l'Est du Canada, 2022

Figure S17a : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans le nord du Canada, 2021

Figure S17b : Prévalence des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae* collectés dans le nord du Canada, 2022

Figure S18 : Proportion d'isolats de maladies pneumococciques invasives par vaccin pour le groupe d'âge moins de 2 ans, 2018–2022

Tableau S2 : Proportion de sérotypes de vaccins pour la tranche d'âge des moins de 2 ans, 2018–2022

Figure S19 : Proportion d'isolats de maladies pneumococciques invasives par vaccin pour le groupe d'âge 2 à 4 ans, 2018–2022

Tableau S3 : Proportion de sérotypes de vaccins pour le groupe d'âge 2 à 4 ans, 2018–2022

Figure S20 : Proportion d'isolats de maladies pneumococciques invasives par vaccin pour le groupe d'âge 5 à 14 ans, 2018–2022

Tableau S4 : Proportion de sérotypes de vaccins pour le groupe d'âge 5 à 14 ans, 2018–2022

Figure S21 : Proportion d'isolats de maladies pneumococciques invasives par vaccin pour le groupe d'âge 15 à 49 ans, 2018–2022

Tableau S5 : Proportion de sérotypes de vaccins pour le groupe d'âge 15 à 49 ans, 2018–2022

Figure S22 : Proportion d'isolats de maladies pneumococciques invasives par vaccin pour le groupe d'âge 50 à 64 ans, 2018–2022

Tableau S6 : Proportion de sérotypes de vaccins pour le groupe d'âge 50 à 64 ans, 2018–2022

Tableau S7 : Proportion de sérotypes vaccinaux pour la tranche d'âge 65 ans et plus, 2018–2022

Figure S23 : Proportion d'isolats de maladies pneumococciques invasives par vaccin pour tous les groupes d'âge, 2018–2022

Tableau S8 : Proportion de sérotypes de vaccins pour tous les groupes d'âge, 2018–2022



Figure S24 : Tendances de la résistance aux antimicrobiens des isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae*, 2018–2022

Tableau S9 : Multirésistance aux médicaments des isolats de *Streptococcus pneumoniae* invasifs, 2018–2022

Figure S25a : Sérotypes de *Streptococcus pneumoniae* invasifs en fonction de leur résistance à différentes classes d'antimicrobiens, 2021

Figure S25b : Sérotypes de *Streptococcus pneumoniae* invasifs en fonction de leur résistance à différentes classes d'antimicrobiens, 2022

Tableau S10a : Profils de multirésistance des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae*, 2021

Tableau S10b : Profils de multirésistance des sérotypes invasifs de *Streptococcus pneumoniae*, 2022

Tableau S11a : Nombre d'isolats invasifs de *Streptococcus pneumoniae* sérotypés par le Laboratoire national de microbiologie (LNM) par rapport au nombre total de cas déclarés au Système canadien de surveillance des maladies à déclaration obligatoire (SCSDEO), 2021

Liste des affiliations

¹ Laboratoire national de microbiologie, Agence de la santé publique du Canada, Winnipeg, MB

² Laboratoire de santé publique du Québec, Sainte-Anne-de-Bellevue, QC

³ Toronto Invasive Bacterial Diseases Network (TIBDN), Département de microbiologie, Hôpital Mount Sinai, Toronto, ON

⁴ Laboratoire provincial de santé publique, Edmonton, AB

⁵ Département de microbiologie médicale et des maladies infectieuses, Collège de médecine Max Rady, Faculté des sciences de la santé Rady, Université du Manitoba, Winnipeg, MB

⁶ Santé publique Ontario, Toronto, ON

⁷ Département de médecine de laboratoire et de pathobiologie, Université de Toronto, Toronto, ON

⁸ Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique, Vancouver, BC

⁹ Laboratoire provincial Roy Romanow, Regina, SK

¹⁰ Laboratoire provincial Cadham, Winnipeg, MB

¹¹ Ministère de la Santé du Nouveau-Brunswick, Fredericton, NB

¹² Centre des sciences de la santé Queen Elizabeth II, Halifax, NS

¹³ Laboratoire de santé publique de Terre-Neuve-et-Labrador, St. John's, NL

¹⁴ Hôpital Queen Elizabeth, Charlottetown, PE

¹⁵ Laboratoire de l'hôpital territorial Stanton, Yellowknife, NT

¹⁶ Centre de lutte contre les maladies transmissibles du Yukon, Whitehorse, YT

¹⁷ Centre des infections émergentes et respiratoires et de la préparation aux pandémies, Agence de la santé publique du Canada, Ottawa, ON