

Rapports sur la santé

Mobilité résidentielle et expositions environnementales multidomaines au Canada : élaboration du Fichier sur l'exposome lié à la mobilité résidentielle

par Toyib Olaniyan

Date de diffusion : le 19 août 2026



Statistique
Canada

Statistics
Canada

Canada

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à infostats@statcan.gc.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros suivants :

- | | |
|---|----------------|
| • Service de renseignements statistiques | 1-800-263-1136 |
| • Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants | 1-800-363-7629 |
| • Télécopieur | 1-514-283-9350 |

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous « Contactez-nous » > « [Normes de service à la clientèle](#) ».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Publication autorisée par la ministre responsable de Statistique Canada

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre de l'Industrie, 2026

L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'[entente de licence ouverte](#) de Statistique Canada.

Une [version HTML](#) est aussi disponible.

This publication is also available in English.

Mobilité résidentielle et expositions environnementales multidomaines au Canada : élaboration du Fichier sur l'exposome lié à la mobilité résidentielle

par Toyib Olaniyan 

DOI: <https://www.doi.org/10.25318/82-003-x202600800001-fra>

Résumé

Contexte : La mobilité résidentielle a une incidence sur les expositions environnementales cumulatives tout au long de la vie, mais peu de bases de données nationales saisissent ces dynamiques dans de multiples domaines d'exposition. Le présent document présente une description de la conception du Fichier sur l'exposome lié à la mobilité résidentielle (FEMR) et le profil de la cohorte.

Données et méthodes : Le FEMR intègre des données historiques sur la résidence à l'échelle de la personne, obtenues à partir du couplage de données administratives et de recensement, et des mesures spatiales annuelles de la pollution de l'air ambiant, des caractéristiques de l'environnement bâti et des espaces verts et de la température ambiante. Le partitionnement annuel à k-moyennes a été appliqué à chaque domaine de manière à classer les expositions en trois niveaux (faible, moyen ou élevé), qui a été suivi d'une règle de dominance temporelle pour établir des biographies d'exposition sur cinq ans. La cohorte analytique comprenait des personnes de 25 à 89 ans ayant une résidence stable avant la période de référence, ce qui permettait d'évaluer les tendances de mobilité résidentielle et les trajectoires d'exposition.

Résultats : Le cadre du FEMR offre une approche évolutive pour tirer parti de la mobilité résidentielle comme une caractéristique quasi expérimentale des données observationnelles. Les trois variables normalisées (faible, moyenne, élevée) appliquées dans l'ensemble des domaines permettent la comparabilité entre différents types d'expositions. La mobilité résidentielle variait considérablement selon le groupe de population et les caractéristiques socioéconomiques. Certaines populations racisées avaient une mobilité relativement plus élevée, tandis que les membres des Premières Nations et les Inuit étaient moins susceptibles de déménager. Des biographies d'exposition distinctes ont été observées dans l'ensemble des domaines environnementaux, les populations racisées et immigrantes résidant plus fréquemment dans des grappes où le niveau de pollution de l'air ambiant était plus élevé.

Interprétation : Le FEMR fournit un fichier analytique de ressources et est utile pour les expériences naturelles qui visent à tirer parti de la mobilité résidentielle afin d'examiner les expositions environnementales cumulatives multidomaines ainsi que les disparités au fil du temps. Le code de création du fichier analytique est disponible sur demande et peut être recréé à partir des données sources après approbation.

Mots-clés : Mobilité résidentielle, exposome, disparités sur le plan environnemental, justice environnementale, pollution de l'air, exposition au climat, environnement bâti et espaces verts

Auteur

Toyib Olaniyan travaille à la Division de l'analyse et de la modélisation de la santé de Statistique Canada.

Que sait-on déjà sur le sujet?

- La mobilité résidentielle façonne les expositions environnementales cumulatives tout au long de la vie et peut contribuer à un risque environnemental différentiel.
- Les cohortes canadiennes fondées sur la population, comme la Cohorte santé et environnement du recensement canadien, fournissent d'importantes données sociodémographiques et liées à la santé pour étudier les déterminants environnementaux de la santé.
- Il est essentiel de comprendre la manière dont les expositions environnementales changent lorsque les individus déménagent — et la manière dont ces changements varient selon les groupes sociaux, racisés et socioéconomiques — afin de faire progresser la recherche sur l'inégalité environnementale, la justice environnementale et les répercussions sur la santé liées au climat.

Ce qu'apporte l'étude

- L'étude présente le Fichier sur l'exposome lié à la mobilité résidentielle (FEMR), un nouveau fichier analytique national, qui couple les données historiques longitudinales des codes postaux résidentiels aux expositions environnementales multidomaines annuelles au Canada.
- En intégrant les données sur la pollution de l'air ambiant, l'environnement bâti et les espaces verts ainsi que sur la température ambiante, le FEMR fournit des biographies d'exposition dynamiques qui captent à la fois la mobilité résidentielle et les changements environnementaux temporels.
- Le profil de cohorte du FEMR révèle des profils d'exposition environnementale distincts et qui suivent des tendances sociales, les populations racisées et immigrantes résidant plus souvent dans des grappes d'exposition où le niveau de pollution de l'air ambiant est plus élevé.
- Le cadre du FEMR permet des analyses intersectionnelles et du cours de vie des expositions environnementales cumulatives, en plus d'offrir une plateforme évolutive pour la recherche future sur les inégalités environnementales, la justice environnementale et les relations entre le climat et la santé.
- Le fichier analytique peut être élargi à des années et à des domaines environnementaux supplémentaires, et le cadre méthodologique peut être adapté à d'autres contextes de recherche pour lesquels la mobilité résidentielle et les expositions environnementales variables dans le temps suscitent l'intérêt.

Introduction

Les expositions environnementales, comme la pollution de l'air, les températures extrêmes et l'accès limité aux espaces verts, sont d'importants contributeurs aux inégalités en matière de santé au Canada et à l'échelle internationale¹⁻⁴. Pourtant, ces expositions sont rarement statiques : les personnes déménagent dans des quartiers ayant des profils environnementaux distincts, alors que les conditions environnementales et sociales évoluent au fil du temps⁵⁻⁷. Malgré cette réalité dynamique, la plupart des études environnementales épidémiologiques fondées sur la population dépendent des aperçus statiques de polluants multiples et des affectations d'exposition transversales ou à un seul domaine, ce qui limite les renseignements concernant la manière dont les inégalités de l'exposition s'accumulent et changent au fil du temps⁷⁻⁹. De plus, alors que la plupart des études environnementales épidémiologiques saisissent les effets sur la santé d'une personne liés à l'exposition, souvent d'un seul domaine, on s'intéresse de plus en plus à la synergie entre les conditions météorologiques extrêmes et les environnements bâtis et les espaces verts qui modifient ces expositions¹⁰⁻¹². Il est essentiel d'intégrer ces domaines afin d'obtenir un vrai cadre d'exposome. Cependant, la complexité liée au suivi de telles interactions multidimensionnelles qui varient dans le temps a historiquement été limitée aux analyses à l'échelle nationale¹³⁻¹⁶.

De plus, une perspective peu connue, mais essentielle dans ce domaine est la divergence entre les expositions « apparentes » et « non perçues » lors d'un déménagement^{17,18}. Bien que les personnes puissent souvent choisir elles-mêmes des environnements en fonction de caractéristiques apparentes, comme les espaces verts ou la densité urbaine, elles se voient simultanément attribuer des expositions « non perçues », comme les particules fines ou l'ozone, qui agissent comme des affectations environnementales quasi aléatoires lors d'un déménagement^{17,19}. Le fait de considérer le déménagement résidentiel comme une expérience naturelle nécessite un ensemble de données capable d'établir la distinction entre ces préférences et les changements environnementaux exogènes. Ainsi, le Fichier sur l'exposome lié à la mobilité résidentielle (FEMR) répond à ces besoins en couplant les données historiques sur les codes postaux canadiens à des données environnementales multidomaines afin de déterminer la variation dans les expositions environnementales multidomaines lorsque les personnes déménagent, et la façon dont ces dynamiques diffèrent selon les groupes sociodémographiques et géographiques. La présente étude décrit la création du FEMR et caractérise son profil au moyen de tendances de mobilité résidentielle et des biographies d'exposition (grappes) dans trois domaines : l'air ambiant, l'environnement bâti et les espaces verts et la température ambiante. Aux fins de la présente étude, le terme « mobilité résidentielle » est utilisé pour désigner les changements volontaires annuels d'adresse résidentielle, distinct du terme « déplacement résidentiel », qui, dans le contexte canadien, porte des connotations historiques de déplacement forcé, particulièrement pour les peuples autochtones.

Méthodologie

Sources de données et population à l'étude

Le FEMR a été créé en intégrant des données historiques longitudinales sur les codes postaux résidentiels, obtenus principalement à partir des déclarations de revenus annuelles disponibles dans la Cohorte santé et environnement du recensement canadien (CSERCan) avec des données environnementales variables dans le temps provenant de plusieurs sources. Les renseignements sur le profil de la CSERCan sont décrits ailleurs²⁰, et les renseignements sur chacune des sources de données environnementales sont décrits ci-dessous et résumés dans le tableau 1. En bref, la CSERCan comprend les répondants qui ont rempli le questionnaire détaillé des recensements de 1991, 1996 et 2001 couplés aux données annuelles de l'impôt sur le revenu, de la mortalité et des codes postaux (de 1986 à 2016) au moyen de l'Environnement de couplage de données sociales de Statistique Canada²⁰.

Les personnes qui avaient 25 ans ou plus au moment de leur entrée dans la cohorte ont fait l'objet d'un suivi à partir de la date du recensement pertinent jusqu'au décès ou jusqu'au 31 décembre 2016. Parmi les 9 077 170 personnes qui faisaient partie de la cohorte initiale, dénombrées lors des recensements de 1991 (2,6 millions de personnes), de 1996 (3,2 millions de personnes) et de 2001 (3,2 millions de personnes), 2,8 millions de personnes ont été exclues parce qu'elles ont répondu à plusieurs questionnaires détaillés du recensement — seul leur premier questionnaire du recensement a été inclus. De plus, parmi les 6 320 800 personnes restantes, 2 344 830 personnes ayant déménagé au cours des cinq années précédant le moment de leur entrée dans la cohorte ont été exclues. Cela a été fait afin de garantir que la cohorte évaluée à partir de la période de référence pour la mobilité résidentielle soit comparable, et que les expositions ne soient pas attribuables à des environnements situés à l'extérieur du Canada, comme c'est le cas pour les immigrants récents. En outre, il est important de disposer d'un groupe contrefactuel comparatif (c.-à-d. les personnes n'ayant pas déménagé pendant la période de suivi) pour limiter le biais causé par l'autosélection, puisque la mobilité résidentielle n'existe pas de manière aléatoire^{10,18,21,22}. La période de cinq ans avant la période de référence est désignée comme Temps 0 (T_0) et compte 3 975 970 personnes, dont 2 489 200 ont déménagé au cours de n'importe quelle année pendant la période de suivi (T_1 à T_5). La figure 1 présente un aperçu de la conception de l'étude. Dans le cadre de la création de ce fichier analytique, trois domaines externes de l'exposome de l'environnement ont été pris en compte, en fonction de l'étendue des données probantes qui permet de les coupler aux résultats en matière de santé^{3,7,19,23-25}.

Tableau 1

Résumé des principales variables analytiques, selon la source de données et l'échelle spatio-temporelle

Variables clés	Source de données	Échelle spatio-temporelle	
		Résolution	Temps
Code postal	Fichiers de données fiscales liés à la CSERCan	Centroïde du code postal	Annuel
Pollution de l'air ambiant			
PM _{2,5}	Exposition antérieure sur la CSERCan	1 km x 1 km	Annuel
NO ₂	Exposition antérieure sur la CSERCan	30 m x 30 m	Annuel
O ₃	Exposition antérieure sur la CSERCan	21 km x 21 km	Annuel
O ₄	Exposition antérieure sur la CSERCan	Centroïde du code postal ¹	Annuel
Environnement bâti et espaces verts			
IVDN	CANUE	Zone tampon de 250 m	Annuel ²
% de densité urbaine	CANUE	1 km x 1 km	Année de recensement la plus proche (1991, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016)
% de couverture terrestre naturelle	CANUE	1 km x 1 km	Année de recensement la plus proche (1991, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016)
Température ambiante			
Température annuelle la plus élevée	CANUE	10 km X 10 km	Annuel ³
Température annuelle la plus faible	CANUE	10 km X 10 km	Annuel ³
Température maximale quotidienne moyenne	CANUE	10 km X 10 km	Annuel ³
Température minimale quotidienne moyenne	CANUE	10 km X 10 km	Annuel ³
Variables sociodémographiques			
Groupe de population	Recensement	Personne	Moment du recensement (période de référence)
Population racisée	CSERCan	Personne	Moment du recensement (période de référence)
Statut d'immigrant	CSERCan	Personne	Moment du recensement (période de référence)

1. O₄ a été dérivé à partir d'une moyenne pondérée redox de NO₂ et O₃ au centroïde du code postal.

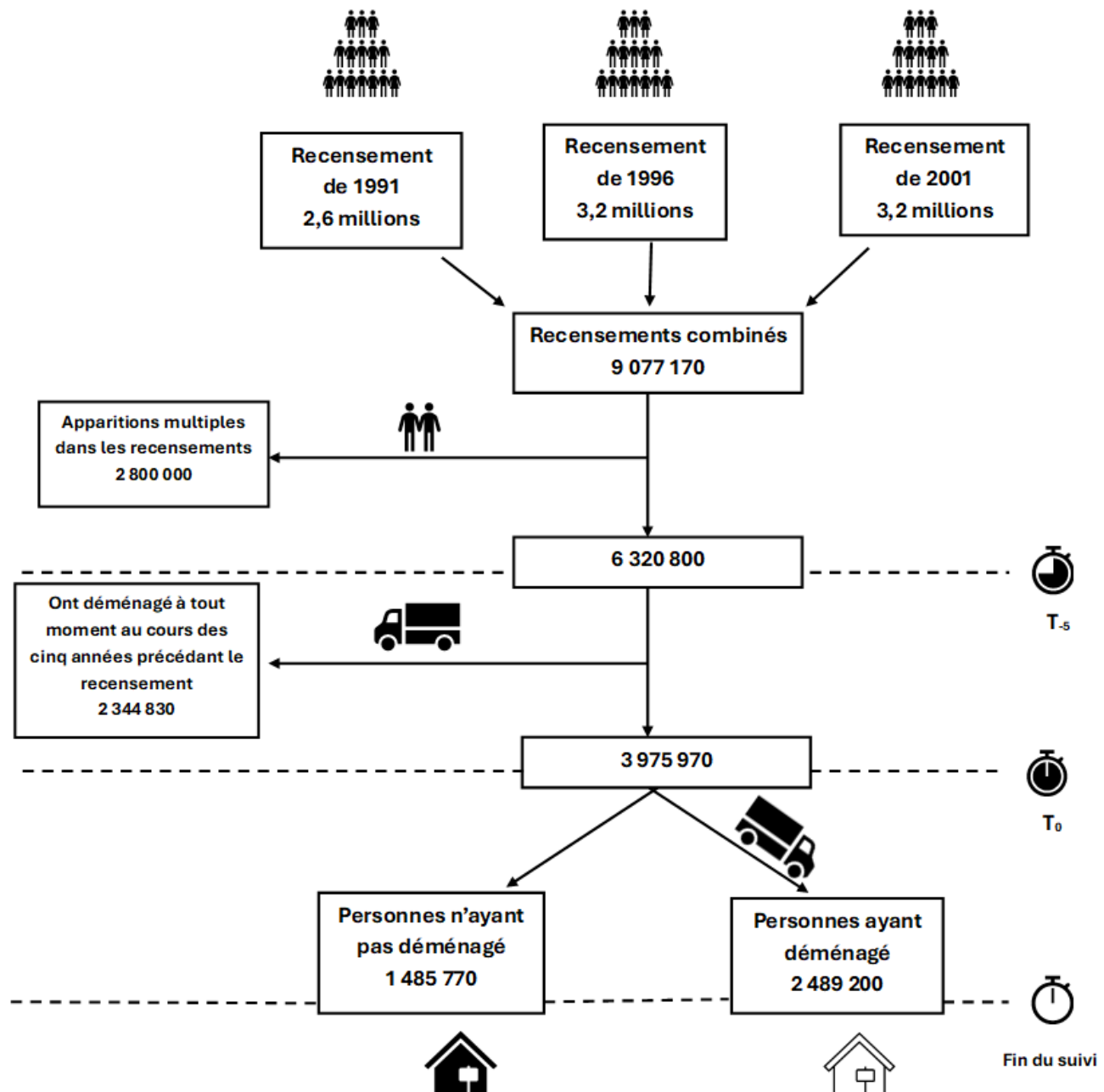
2. Les données annuelles n'étaient pas disponibles pour 2012 et ont été dérivées à partir de la moyenne des valeurs de 2011 et de 2013.

3. Les données climatiques n'étaient pas disponibles pour 2016 et ont été dérivées à partir de la moyenne mobile sur trois ans pour 2013, 2014 et 2015.

Notes : CanCHEC = Cohortes santé et environnement du recensement canadien; IVDN = Indice de végétation par différence normalisée; CANUE = Consortium canadien de recherche sur la santé environnementale en milieu urbain.

Sources : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001; base de données du Consortium canadien de recherche sur la santé environnementale en milieu urbain (CANUE).

Figure 1
Aperçu de la conception de l'étude



Sources : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Domaines externes de l'exposome

Pollution de l'air ambiant

Les expositions annuelles aux particules d'un diamètre de $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$), au dioxyde d'azote (NO_2), à l'ozone troposphérique en saison chaude (O_3) et à la capacité oxydante (O_x) ont été attribuées à l'échelle du code postal à six caractères. Les renseignements sur les procédures d'estimation ont été publiés ailleurs^{7,26}. En bref, le $\text{PM}_{2,5}$ (résolution de 1 km^2) a été estimé au moyen de la profondeur optique des

aérosols satellites et des modèles GEOS-Chem calibrés avec des mesures au sol à l'aide d'une régression géographiquement pondérée^{7,26}. Le NO² (résolution de 30 m) a été dérivé à partir d'un modèle national de régression d'utilisation des terres incorporant des prédictors spatiaux, comme la densité routière et les émissions industrielles²⁶. Les concentrations d'O₃ au niveau du sol en saison chaude ont été dérivées à partir d'une surface nationale canadienne générée à l'aide d'un modèle de transport chimique, qui fournissait des estimations rectangulaires à une résolution de 21 km² fondées sur les concentrations maximales modélisées en saison chaude (photochimique) — la période de formation maximale d'O₃ photochimique au Canada (du 1^{er} mai au 31 octobre). Ces surfaces modélisées ont ensuite été calibrées à l'aide d'observations historiques provenant de moniteurs fixes du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique du Canada, en utilisant une régression linéaire afin d'harmoniser le résultat du modèle avec les concentrations ambiantes mesurées²⁶. O_x a été calculé comme une moyenne pondérée en fonction du redox pour représenter la charge oxydative combinée : $O_x = [(NO_2 \times 1,07) + (O_3 \times 2,075)]/3,145^{24}$.

Environnement bâti et espaces verts

Les indicateurs de verdure et de caractéristiques urbaines ont été obtenus à partir de la base de données du Consortium canadien de recherche sur la santé environnementale en milieu urbain (CANUE)²⁷. La verdure a été caractérisée par l'Indice de végétation par différence normalisée (IVDN) à des zones tampons de 250 m, dérivés des images Landsat au moyen de Google Earth Engine. Les données annuelles de l'IVDN n'étaient pas disponibles pour 2012 et ont donc été dérivées à partir de la moyenne des valeurs de 2011 et de 2013²⁸. Les caractéristiques urbaines et l'intensité de l'espace gris ont été quantifiées en utilisant les zones climatiques locales, en particulier le pourcentage de zone urbaine dense et de couverture terrestre naturelle dans un rayon de 1 km^{2,29}. Ces mesures saisissent les influences à l'échelle du paysage sur la température de surface et les effets d'îlot de chaleur^{29,30}.

Température ambiante

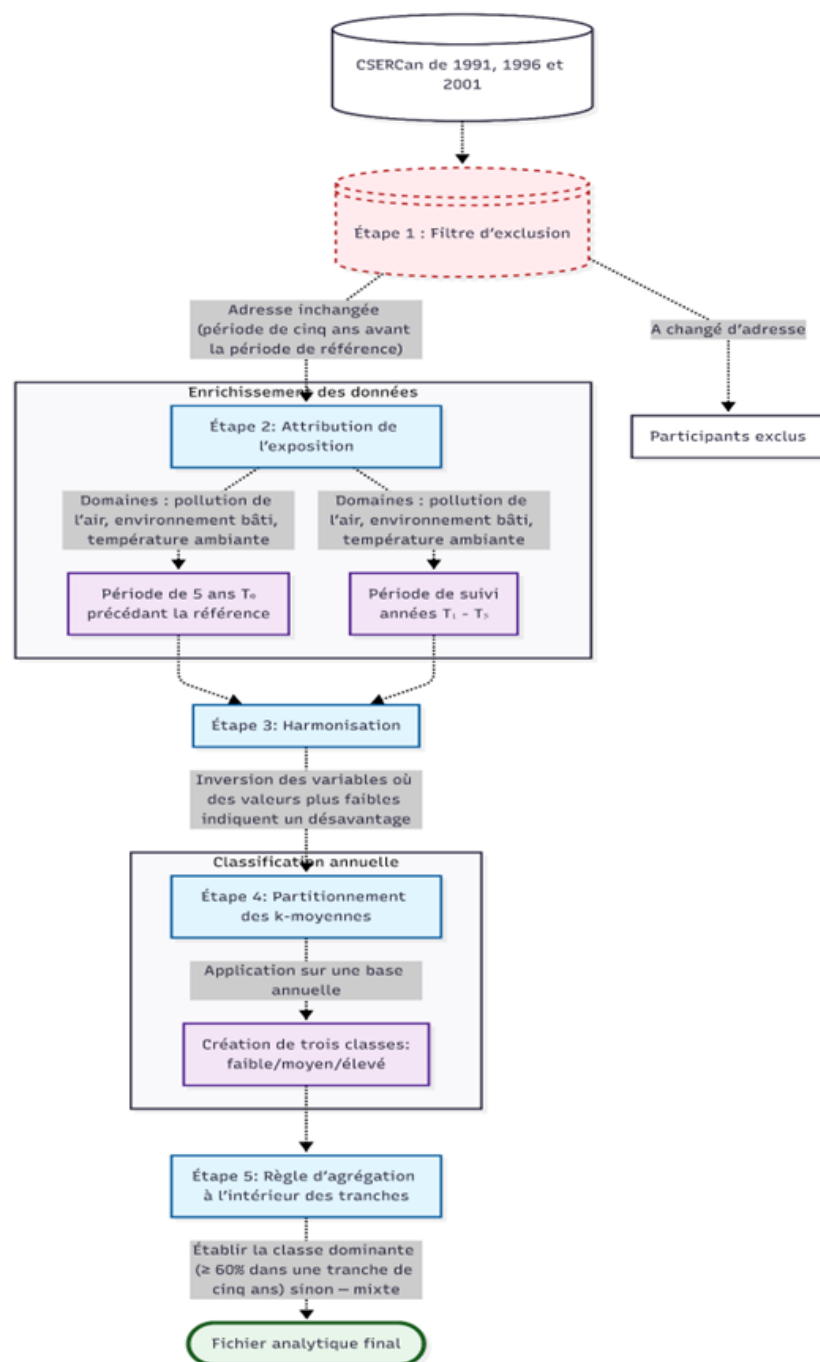
La température ambiante a été caractérisée à l'aide de quatre indicateurs annuels du CANUE : la température annuelle la plus élevée, la température annuelle la plus faible, la température moyenne quotidienne maximale annuelle et la température moyenne quotidienne minimale annuelle. Ces données ont été dérivées à partir de l'ensemble de données climatiques quadrillées ANUSPLIN — un produit national interpolé enregistré dans les stations météorologiques, généré à l'aide d'une méthode de splines de lissage à plaques minces à partir des observations des stations météorologiques d'Environnement et Changement climatique Canada — à une résolution spatiale native de 10 km. Ses valeurs sont attribuées par la suite à chaque code postal résidentiel par le CANUE pour être couplées aux données sur la santé³¹. Pour pallier l'absence des données annuelles de 2016, les valeurs ont été dérivées à partir d'une moyenne mobile de trois ans (2013 à 2015).

Dérivation de la grappe d'exposome externe et attribution de la mobilité résidentielle

Harmonisation des échelles d'exposition

Pour faciliter les comparaisons entre les domaines, toutes les expositions ont été orientées de manière à ce que des valeurs plus élevées représentent des conditions plus défavorables (figure 2). Cela a été fait en inversant les variables où des valeurs plus faibles indiquent un désavantage (p. ex. la température annuelle la plus faible, la température minimale quotidienne annuelle, la couverture terrestre naturelle et la verdure de l'IVDN).

Figure 2
Étapes de création du dossier analytique



Sources : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001; base de données du Consortium canadien de recherche sur la santé environnementale en milieu urbain (CANUE).

Partitionnement des expositions et attribution à l'échelle des tranches

Le partitionnement des k-moyennes spécifiques à l'année ($k=3$) a été appliqué aux variables normalisées dans chaque domaine, produisant des catégories d'exposition de niveau « faible, moyen et élevé »³². Le nombre de grappes (c.-à-d. trois) dans chaque domaine a été sélectionné *a priori* pour faciliter la

comparaison et réduire le nombre de dimensions. Outre le domaine de la température ambiante, où une relation en forme de U a été rapportée avec les résultats en matière de santé²³, une exposition élevée désigne une classification d'exposition relativement mauvaise (c.-à-d. nuisible), et inversement pour une faible exposition. Puisque les valeurs extrêmes de froid et de chaleur sont associées à de mauvais résultats en matière de santé, les températures minimales quotidiennes annuelles les plus faibles et moyennes ont été inversées avant le partitionnement, de sorte que des valeurs plus élevées correspondent systématiquement à un stress thermique plus important, quelle que soit la direction. Toutes les variables ont été normalisées (moyenne = 0, écart-type = 1) avant d'appliquer le partitionnement des k-moyennes, ce qui a donné trois grappes qui représentent des environnements de stress thermique faible, moyen et élevé. La « grappe faible » qui en a résulté, caractérisée par des températures douces et des valeurs extrêmes moindres à chaque extrémité, sera utilisée comme catégorie de référence dans les analyses ultérieures, puisqu'elle correspond le plus étroitement à l'environnement thermiquement neutre associé au risque le plus faible de mortalité attribuable à la température.

Pour chaque membre de la cohorte, les catégories dominantes d'exposition ont été déterminées dans des tranches consécutives de cinq ans, la dernière tranche étant étendue à six ans (pour inclure la dernière année de suivi, soit 2016). La justification d'une tranche de cinq ans repose sur des recherches antérieures utilisant la CSERCan, qui a montré qu'une période de cinq ans est suffisante pour évaluer les changements de la pollution de l'air ambiant à la suite de la mobilité résidentielle associée aux résultats de mortalité au Canada⁷. Dans chaque tranche, les personnes se voyaient attribuer une catégorie d'exposition dominante pour chaque domaine (pollution de l'air ambiant, température ambiante et environnement bâti et espaces verts) en appliquant une règle de majorité de 60 % ou plus. Plus précisément, si 60 % ou plus (c.-à-d. trois ans ou plus sur une période de cinq ans) des affectations annuelles de grappes dans une tranche appartenaient à la même catégorie, cette catégorie était attribuée à la tranche. Si aucune catégorie n'atteignait ce seuil (c.-à-d. qu'aucune catégorie ne comptait trois années ou plus sur une période de cinq ans), l'exposition de la tranche était considérée comme n'ayant pas de niveaux d'exposition dominants et était donc classée dans la catégorie « mixte ». La règle de dominance de 60 % a été mise en œuvre en partant de l'hypothèse d'une contribution supplémentaire non pondérée des expositions annuelles dans chaque tranche de cinq ans. Ce seuil indique le niveau d'exposition le plus représentatif de l'environnement d'une personne pendant la période, en supposant que l'incidence cumulative sur la santé est principalement déterminée par le temps passé dans une grappe d'exposition précise. Une catégorie « mixte » a été créée pour les personnes qui n'ont pas atteint ce seuil afin de préserver la distinction de l'instabilité spatiale.

Procédure de mobilité résidentielle

La mobilité a été définie comme le fait de déménager en changeant de code postal avant la période de référence (les cinq années précédentes) à tout moment au cours de la période de suivi. Les personnes dont la résidence avant la période de référence est restée inchangée sont celles qui ont le même code postal pour les cinq années précédant l'entrée dans la cohorte. Dans chaque tranche, les personnes étaient classées comme celles n'ayant pas déménagé si elles ont conservé le même code postal pendant quatre ans ou plus sur les cinq années (quatre ans ou plus sur les six dans la dernière tranche). Ce seuil visait à tenir compte des déménagements à court terme saisis dans les données historiques sur le code postal provenant du fichier d'impôt annuel. Les changements résidentiels à long terme suscitent de l'intérêt, et les chercheurs qui s'intéressent aux changements transitoires peuvent appliquer un autre seuil qui répond à leurs besoins analytiques. À l'inverse, en ce qui concerne l'état global de mobilité résidentielle, les personnes qui ont déménagé au moins une fois et qui ont changé de code postal au cours de n'importe quelle année durant la période de suivi ont été classées comme des personnes ayant déménagé. Les indicateurs d'état global ainsi qu'à l'échelle de la tranche des personnes ayant déménagé ont été dérivés.

Méthodes statistiques pour caractériser le profil de la cohorte

Les caractéristiques descriptives ont été résumées pour la cohorte analytique en fonction de divers indices individuels et sociodémographiques. Elles ont été stratifiées selon la stabilité résidentielle avant la période de référence sur cinq ans (c.-à-d. inchangées et modifiées) et l'état de mobilité résidentielle au moment du suivi (c.-à-d. les personnes ayant déménagé et les personnes n'ayant pas déménagé). La répartition de la grappe d'exposition au sein de chaque domaine a également été évaluée au cours des tranches de temps de la période de suivi (T_0 à T_5) en fonction des indices sociodémographiques d'intérêt.

Les probabilités prédites de mobilité résidentielle à tout moment au cours de la période de suivi ont été estimées au moyen de modèles de régression logistique ajustés pour les covariables individuelles et contextuelles disponibles dans la CSERCan²⁰. Celles-ci incluent le sexe, le groupe d'âge, l'état matrimonial, le niveau de scolarité, la situation d'activité, le quintile de revenu, le cycle de cohorte et les indices de marginalisation canadienne à l'échelle régionale, comme la privation matérielle, la dépendance, l'instabilité sociale et la concentration ethnique. Cela a été estimé dans divers groupes de population (Noirs, Chinois, Autochtones, Blancs et autres non inclus ailleurs). Ces catégories de groupes de population étaient fondées sur l'harmonisation avec le Recensement de 1991. La population racisée est définie comme les personnes, autres que les Autochtones, qui ne sont pas de race blanche ou qui n'ont pas la peau blanche, selon les données du recensement respectif, peu importe leur lieu de naissance ou leur citoyenneté. L'identité autochtone a été définie à l'aide des questions d'autodéclaration sur l'identité autochtone des recensements de 1996 et de 2001, ce qui a permis de classer les répondants comme membres des Premières Nations, Métis ou Inuit. En 1991, puisqu'il n'y avait aucune question directe sur l'identité autochtone, cette dernière a été estimée en utilisant les réponses sur l'origine ethnique. Il est reconnu que l'identité autochtone peut changer au fil des cycles de recensement pour diverses raisons, y compris les changements dans la déclaration volontaire, les différences liées à la conception des questions et divers contextes sociaux et politiques entourant la divulgation de l'identité, ce qui fait en sorte qu'une proportion non négligeable de personnes déclarent des identités différentes au fil du temps. Pour tenir compte de la non-comparabilité potentielle entre les années de recensement qui découlent de ces différences méthodologiques et conceptuelles, toutes les analyses ont été ajustées en fonction de la cohorte (c.-à-d. l'année de recensement qui correspond à l'entrée dans la cohorte), et les résultats relatifs à l'identité autochtone doivent être interprétés en tenant compte de cette limitation. Les probabilités prédites ont également été estimées selon des indices sociodémographiques (comme la population racisée et le statut d'immigrant). Un indicateur supplémentaire, à savoir le faible statut socioéconomique, a été intégré et défini comme les personnes appartenant aux deux quintiles de revenu les plus faibles dont le plus haut niveau de scolarité atteint était un diplôme d'études secondaires ou moins. Pour cet indicateur, à la fois le quintile de revenu et le niveau de scolarité ont été omis du modèle.

La création du fichier analytique et les analyses ont été réalisées avec R 4.2.3, SAS 9.4 et Stata 18.0.

Résultats

Caractéristiques et sélection de la cohorte

La cohorte analytique finale comprenait 3 975 970 personnes caractérisées par un historique résidentiel inchangé de cinq ans avant la période de référence. Cette population comprenait 2 489 200 personnes ayant déménagé et 1 486 770 personnes n'ayant pas déménagé (figure 1). Les répartitions démographiques et sociodémographiques étaient comparables entre les personnes ayant déménagé et celles ne l'ayant pas fait. Les caractéristiques de la cohorte analytique étaient en grande partie semblables à celles des personnes exclues du fichier en raison de changements de résidence dans les cinq ans avant la période de référence, hormis une exception notable concernant l'âge (tableau 2). Les

personnes de 25 à 34 ans représentaient une proportion relativement plus importante parmi les personnes exclues (39,3 %) comparativement à la population ayant un lieu de résidence inchangé cinq ans avant la période de référence (14,7 %).

Tableau 2

Statistiques descriptives de la cohorte et caractéristiques de la cohorte analytique

	Cohorte complète (avant la période de référence)		État inchangé (déménagement)	
	Changement	Aucun changement	Personnes ayant déménagé	Personnes n'ayant pas déménagé
	nombre			
Participants de la cohorte	2 344 830	3 975 970	2 489 200	1 486 770
	pourcentage			
Sexe				
Femmes	50,3	50,6	49,9	51,7
Hommes	49,7	49,4	50,1	48,3
Groupe d'âge				
25 à 34 ans	39,3	14,7	15,9	12,5
35 à 44 ans	27,9	25,3	22,4	30,3
45 à 54 ans	15,7	23,3	19,4	29,8
55 à 64 ans	8,9	16,7	15,8	18,2
65 à 74 ans	5,5	12,9	15,8	7,9
75 à 84 ans	2,4	6,3	9,3	1,2
85 ans et plus	0,3	0,9	1,4	0,1
Groupe de population				
Noirs	1,1	0,8	0,9	0,8
Chinois	1,4	1,7	1,5	1,9
Autochtones	3,3	2,8	2,5	3,2
Membres des Premières Nations	2,4	2,1	1,9	2,4
Métis	0,9	0,6	0,6	0,7
Inuit	0,1	0,1	0,1	0,1
Identités autochtones multiples	0,1	0,1	0,1	0,1
Autre, non inclus ailleurs	7,2	6,4	6,9	5,6
Blancs	87,1	88,4	88,3	88,5
Population racisée				
Oui	9,6	8,9	9,2	8,3
Non (Blancs)	87,1	88,4	88,3	88,5
Non (Autochtones)	3,3	2,8	2,5	3,2
Statut d'immigrant				
Immigrant	14,2	18,1	18,2	18,0
Non-immigrant	85,8	81,9	81,8	82,0
État matrimonial				
Jamais marié et ne vivant pas en union libre	14,5	10,5	12,0	8,0
Union libre	14,2	6,1	5,8	6,4
Marié	57,4	70,7	66,3	77,9
Séparé	3,6	1,7	2,0	1,3
Divorcé	6,9	4,4	5,1	3,3
Veuf	3,4	6,7	8,8	3,2
Niveau de scolarité				
Sans diplôme d'études secondaires	25,5	34,1	36,3	30,4
Diplôme d'études secondaires ou l'équivalent	37,2	35,6	34,6	37,4
Diplôme d'une école de métiers, d'un collège ou d'une université inférieure au baccalauréat	20,0	16,8	16,1	17,9
Baccalauréat ou grade supérieur	17,3	13,5	13,0	14,4
Situation d'activité sur le marché du travail				
Personne occupée	71,5	62,4	57,3	70,8
Personne au chômage	6,3	4,3	4,2	4,5
Personne inactive	22,3	22,3	38,5	24,7

Notes : La somme des pourcentages peut ne pas correspondre à 100 en raison de l'arrondissement. Les caractéristiques de la cohorte sont celles de la période de référence. CSERCan = Cohorte santé et environnement du recensement canadien.

Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Tableau 2

Statistiques descriptives de la cohorte et caractéristiques de la cohorte analytique (suite)

	Cohorte complète (avant la période de référence)		État inchangé (déménagement)	
	Changement	Aucun changement	Personnes ayant déménagé	Personnes n'ayant pas déménagé
	pourcentage			
Quintile de revenu				
1 (le plus faible)	18,6	15,0	16,7	12,1
2	19,0	19,2	20,3	17,3
3	20,4	20,9	20,4	21,9
4	20,8	22,1	20,8	24,1
5 (le plus élevé)	21,2	22,9	21,8	24,6
Dépendance				
1 (niveau le plus faible)	20,0	15,9	16,6	15,2
2	20,2	18,3	18,5	18,1
3	18,2	17,8	18,0	17,4
4	21,0	22,8	22,6	22,8
5 (niveau le plus élevé)	19,5	25,2	24,1	26,5
Privation				
1 (niveau le plus faible)	18,8	25,4	24,4	27,2
2	25,5	26,1	26,2	26,1
3	22,0	18,9	19,7	17,8
4	16,8	14,6	14,9	14,0
5 (niveau le plus élevé)	15,8	15,0	14,7	14,9
Instabilité résidentielle				
1 (niveau le plus faible)	22,1	23,3	21,8	26,0
2	22,7	26,4	24,9	28,8
3	20,0	21,1	21,1	20,9
4	18,0	17,8	18,7	16,0
5 (niveau le plus élevé)	16,1	11,4	13,3	8,3
Concentration ethnique				
1 (niveau le plus faible)	21,2	20,5	18,9	23,2
2	20,2	18,7	18,4	19,2
3	18,3	16,7	17,2	15,9
4	19,6	20,0	20,8	18,7
5 (niveau le plus élevé)	19,5	24,1	24,6	23,1
Cycle de CSERCan				
1991	34,4	29,1	32,8	22,9
1996	35,6	37,7	38,5	36,3
2001	30,0	33,3	28,7	40,8

Notes : La somme des pourcentages peut ne pas correspondre à 100 en raison de l'arrondissement. Les caractéristiques de la cohorte sont celles de la période de référence. CSERCan = Cohorte santé et environnement du recensement canadien.

Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Dérivation et caractérisation des profils d'exposition

Le dossier analytique contient des profils d'exposition longitudinaux pour trois domaines externes de l'exposome : la pollution de l'air ambiant, l'environnement bâti et les espaces verts et la température ambiante. Les classifications annuelles initiales ont utilisé une analyse de partitionnement des k-moyennes (k=3) pour catégoriser les membres de la cohorte en catégories d'exposition « faible », « moyenne » ou « élevée » fondées sur des variables d'entrée normalisées (figure 2).

L'exposition à long terme a été définie par des tranches de cinq ans (à l'exception de la dernière tranche, qui comptait six ans) en utilisant une règle de la majorité de 60 % (présence pour trois années ou plus sur les cinq). Les tranches qui ne présentaient pas de catégorie dominante ont été classées comme mixtes. La grappe de niveau « élevé » pour la pollution de l'air ambiant représentait des concentrations normalisées élevées de quatre polluants évalués (PM_{2,5}, NO₂, O₃ et O_x), ce qui correspond au niveau supérieur du fardeau environnemental et de la santé cumulatif. Dans le domaine de l'environnement bâti et les espaces verts, une exposition de niveau « élevé » désignait des environnements ayant

relativement plus d'espaces gris et relativement moins de végétation (faible verdure), qui sont typiques des milieux urbains denses. Pour la température ambiante, les grappes de niveau « élevé » et de niveau « moyen » indiquaient la présence d'un stress thermique, tandis que la grappe de niveau « faible » représentait des températures douces et des valeurs extrêmes moindres aux deux extrémités du spectre thermique (c.-à-d. des étés chauds et des hivers froids).

Mobilité résidentielle et profils environnementaux

La probabilité prédite de mobilité résidentielle pendant la période de suivi variait selon le groupe sociodémographique. La probabilité de déménager était relativement plus élevée chez les membres noirs de la cohorte (65,0 %) par rapport aux autres groupes de population. Une probabilité prédite relativement plus faible de déménagement a été observée chez les membres des Premières Nations (55,2 %) et des Inuit (42,5 %) de la cohorte. Les populations racisées avaient une probabilité prédite plus élevée de déménager par rapport aux populations non racisées, tandis que les probabilités étaient comparables selon le statut socioéconomique (tableau 3).

Tableau 3

Probabilité prédite de mobilité résidentielle selon divers indices de groupes de population, indices sociodémographiques et indicateurs géographiques

	Probabilité prédite (%)	Intervalle de confiance de 95 %	
		de	à
Groupe de population			
Noirs	65,0	64,6	65,5
Chinois	58,8	58,4	59,2
Autochtones	56,1	55,8	56,3
Membres des Premières Nations	55,2	54,9	55,5
Métis	61,2	60,6	61,8
Inuit	42,5	41,0	44,0
Identités autochtones multiples	64,2	60,0	68,4
Autre, non inclus ailleurs	64,2	64,0	64,3
Blancs	62,7	62,6	62,8
Population racisée			
Oui	63,2	63,1	63,4
Non (Blancs)	62,7	62,6	62,8
Non (Autochtones)	56,1	55,8	56,3
Statut d'immigrant			
Immigrant	61,4	61,3	61,5
Non-immigrant	62,8	62,7	62,9
Faible statut socioéconomique¹			
Oui	62,4	62,2	62,6
Non	62,6	62,5	62,7

1. Le faible statut socioéconomique a été défini comme les personnes appartenant aux deux quintiles de revenu les plus faibles dont le niveau de scolarité le plus élevé était un diplôme d'études secondaires ou moins. Par conséquent, le quintile de revenu et le niveau de scolarité ont été omis du modèle.

Notes : Ce tableau présente les probabilités prédites avec les intervalles de confiance de 95 % connexes. Chaque indice a été ajusté en fonction des éléments suivants : sexe; groupe d'âge; état matrimonial; niveau de scolarité; situation d'activité; quintile de revenu; et indices de marginalisation canadienne à l'échelle régionale, comme la privation matérielle, la dépendance, l'instabilité sociale, la concentration ethnique et le cycle de cohorte. La mobilité résidentielle est définie comme tout changement d'adresse résidentielle au cours de la période de suivi chez les personnes dont l'historique résidentiel avant la période de référence (c.-à-d. cinq ans avant la période de référence T0) est resté inchangé.

Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

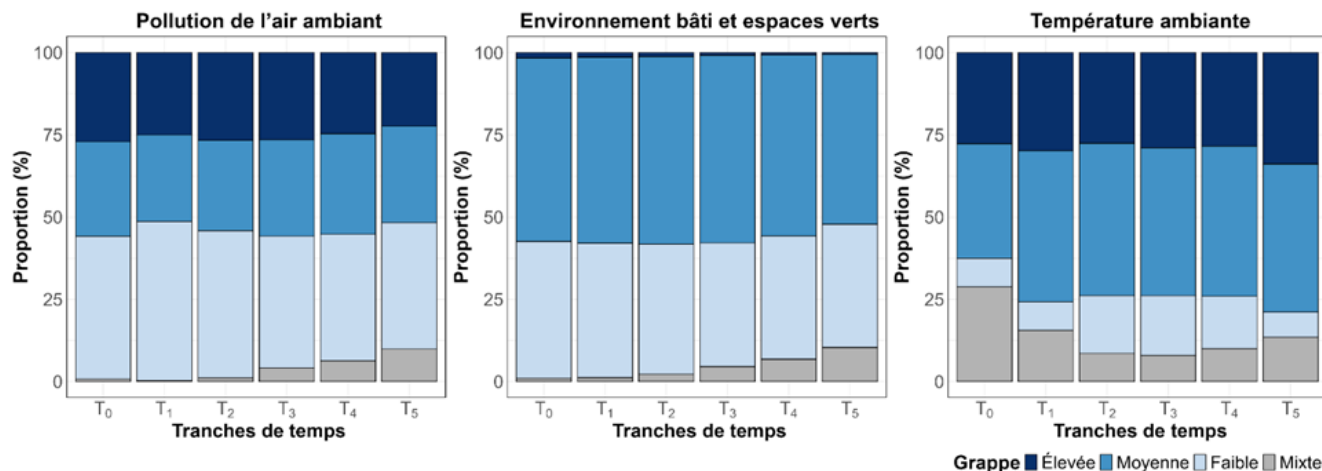
Pollution de l'air ambiant

Environ 1 membre sur 4 de la cohorte a été classé dans une grappe de niveau élevé pour la pollution de l'air ambiant pendant la période de suivi. Dans l'ensemble de chaque tranche de temps, la proportion de

la cohorte de la grappe de niveau élevé pour la pollution de l'air ambiant a diminué pour passer de 27,1 % à T₀ à 22,4 % à T₅ (figure 3). Indépendamment des tranches de temps, la proportion d'exposition élevée à la pollution de l'air ambiant était relativement plus importante chez les membres noirs de la cohorte (61,0 %) par rapport aux membres chinois (44,0 %) et blancs (24,6 %). De plus, environ 50 % de la population immigrante résidait dans une grappe ayant une pollution élevée de l'air ambiant, comparativement à 20 % des non-immigrants (tableau 4). La prévalence de la catégorie de pollution de l'air ambiant « mixte » est passée de 0,7 % à T₀ à 9,9 % à T₅ (figure 3).

Figure 3

Répartition proportionnelle des niveaux de grappes dans les trois environnements externes selon les tranches de temps (T₀ à T₅)



Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Tableau 4

Répartition des grappes de pollution de l'air ambiant dans l'ensemble de la période visée par l'étude, T₀ à T₅

	Personnes (N)	Personne- tranches (Nbre)	pourcentage			
			Faible	Moyen	Élevé	Mixte
Total	3 975 970	17 642 600	43,3	28,3	26,0	2,4
État de déménagement						
Personnes ayant déménagé	2 489 200	10 545 180	41,6	29,2	26,1	3,1
Personnes n'ayant pas déménagé	1 486 770	7 097 420	45,8	27,0	25,7	1,5
Groupe de population						
Noirs	32 805	146 880	13,1	23,5	61,0	2,5
Chinois	66 015	296 105	27,8	25,6	44,0	2,7
Autochtones	109 980	513 880	77,5	13,4	6,4	2,7
Membres des Premières Nations	82 720	390 130	77,3	13,5	6,6	2,6
Métis	23 430	105 560	76,1	14,7	6,1	3,2
Inuit	3 410	16 470	92,6	3,1	2,3	2,0
Identités autochtones multiples	420	1 720	64,8	20,6	12,5	2,0
Autre, non inclus ailleurs	254 370	1 229 500	27,1	27,2	42,7	3,0
Blancs	3 512 800	15 456 240	44,0	29,0	24,6	2,4
Population racisée						
Oui	353 190	1 672 480	26,0	26,6	44,5	2,9
Non (Blancs)	3 512 800	15 456 240	44,0	29,0	24,6	2,4
Non (Autochtones)	109 980	513 880	77,5	13,4	6,4	2,7
Statut d'immigrant						
Immigrant	721 515	3 123 580	22,5	27,3	47,7	2,6
Non-immigrant	3 254 460	14 519 020	47,8	28,5	21,3	2,4
Faible statut socioéconomique¹						
Oui	1 119 880	4 614 355	46,0	26,3	25,2	2,4
Non	2 856 090	13 028 245	42,3	29,0	26,2	2,4

1. Le faible statut socioéconomique a été défini comme les personnes appartenant aux deux quintiles de revenu les plus faibles dont le niveau de scolarité le plus élevé était un diplôme d'études secondaires ou moins.

Notes : La somme des pourcentages peut ne pas correspondre à 100 en raison de l'arrondissement. « Personne » est le nombre par covariable sociodémographique, tandis que « personne-tranches » est le nombre de personnes par catégorie au sein de la tranche de temps T₀ à T₅ qui étaient vivantes. Les proportions sont fondées sur la répartition de la pollution de l'air ambiant de T₀ à T₅ pour les personnes qui étaient vivantes. Par conséquent, le dénominateur est la personne-tranche.

Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Environnement bâti et espaces verts

Plus de 90 % des membres de la cohorte résidaient dans une grappe d'environnement bâti et d'espaces verts de niveau moyen (56,2 %) ou faible (39,6 %). Environ 1,2 % de la population résidait dans une grappe élevée, tandis que 3,1 % se trouvaient dans la catégorie mixte (tableau 5). Bien que l'exposition à la grappe élevée ait été relativement similaire dans la plupart des groupes démographiques, les membres chinois de la cohorte représentaient une proportion relativement plus importante dans cette catégorie (3,2 %) comparativement aux autres groupes (environ 1 %). Comme pour le domaine de la pollution de l'air ambiant, la catégorie « mixte » a augmenté pour passer d'environ 1,0 % à T₀ à 10,4 % à T₅ (figure 3).

Tableau 5

Répartition des grappes d'environnement bâti et des espaces verts dans l'ensemble de la période visée par l'étude, T₀ à T₅

	Personnes (N)	Personne- tranches (Nbre)	pourcentage			
			Faible	Moyen	Élevé	Mixte
Total	3 975 970	17 642 600	39,6	56,2	1,2	3,1
État de déménagement						
Personnes ayant déménagé	2 489 200	10 545 180	37,2	57,3	1,4	4,1
Personnes n'ayant pas déménagé	1 486 770	7 097 420	43,1	54,5	0,8	1,5
Groupe de population						
Noirs	32 805	146 880	12,3	83,7	0,9	3,0
Chinois	66 015	296 105	6,8	87,3	3,2	2,7
Autochtones	109 980	513 880	55,0	40,0	0,8	4,3
Membres de Premières Nations	82 720	390 130	59,1	35,6	0,8	4,5
Métis	23 430	105 560	46,4	48,9	0,8	3,8
Inuit	3 410	16 470	12,4	83,9	0,2	3,5
Identités autochtones multiples	420	1 720	41,6	53,8	1,7	2,9
Autre, non inclus ailleurs	254 370	1 229 500	20,5	74,9	1,4	3,2
Blancs	3 512 800	15 456 240	41,5	54,4	1,1	3,0
Population racisée						
Oui	353 190	1 672 480	17,4	77,9	1,7	3,1
Non (Blancs)	3 512 800	15 456 240	41,5	54,4	1,1	3,0
Non (Autochtones)	109 980	513 880	55,0	40,0	0,8	4,3
Statut d'immigrant						
Immigrant	721 515	3 123 580	20,4	75,2	1,5	2,9
Non-immigrant	3 254 460	14 519 020	43,7	52,1	1,1	3,1
Faible statut socioéconomique¹						
Oui	1 119 880	4 614 355	38,9	56,5	1,3	3,2
Non	2 856 090	13 028 245	39,8	56,1	1,1	3,0

1. Le faible statut socioéconomique a été défini comme les personnes appartenant aux deux quintiles de revenu les plus faibles dont le niveau de scolarité le plus élevé était un diplôme d'études secondaires ou moins.

Notes : La somme des pourcentages peut ne pas correspondre à 100 en raison de l'arrondissement. « Personne » est le nombre par covariable sociodémographique, tandis que « personne-tranches » est le nombre de personnes par catégorie au sein de la tranche de temps T₀ à T₅ qui étaient vivantes. Les proportions sont fondées sur la répartition de l'environnement bâti et des espaces verts de T₀ à T₅ pour les personnes qui étaient vivantes. Par conséquent, le dénominateur est la personne-tranche.

Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Température ambiante

Environ 13 % de la cohorte résidait dans une grappe de température ambiante optimale (de niveau faible). À l'exception de la tranche avant la période de référence (T₀), les changements temporels dans ces proportions ont été minimes jusqu'à T₅ (figure 3). Les membres métis (5,3 %) et inuits (2,7 %) de la cohorte représentaient une proportion relativement plus petite de la grappe de température optimale par rapport aux populations blanche (12,2 %) ou noire (14,6 %). Dans l'ensemble, la catégorie mixte pour la température comprenait environ 15 % de la cohorte (tableau 6).

Tableau 6

Répartition des grappes de température ambiante dans l'ensemble de la période visée par l'étude, T₀ à T₅

	Personnes (N)	Personne- tranches (Nbre)	pourcentage			
			Faible	Moyen	Élevé	Mixte
Total	3 975 970	17 642 600	13,1	43,2	28,7	14,9
État de déménagement						
Personnes ayant déménagé	2 489 200	10 545 180	13,4	42,5	27,1	17,0
Personnes n'ayant pas déménagé	1 486 770	7 097 420	12,7	44,3	31,2	11,8
Groupe de population						
Noirs	32 805	146 880	14,6	53,1	9,0	23,3
Chinois	66 015	296 105	41,1	26,9	16,0	16,1
Autochtones	109 980	513 880	8,6	18,2	64,0	9,2
Membres des Premières Nations	82 720	390 130	9,8	20,2	59,8	10,3
Métis	23 430	105 560	5,3	12,3	76,3	6,0
Inuit	3 410	16 470	2,7	7,0	85,7	5,6
Identités autochtones multiples	420	1 720	11,3	23,0	57,3	8,4
Autre, non inclus ailleurs	254 370	1 229 500	19,2	37,1	23,9	19,8
Blancs	3 512 800	15 456 240	12,2	44,8	28,4	14,6
Population racisée						
Oui	353 190	1 672 480	22,7	36,7	21,2	19,4
Non (Blancs)	3 512 800	15 456 240	12,2	44,8	28,4	14,6
Non (Autochtones)	109 980	513 880	8,6	18,2	64,0	9,2
Statut d'immigrant						
Immigrant	721 515	3 123 580	22,0	41,3	15,7	21,0
Non-immigrant	3 254 460	14 519 020	11,2	43,7	31,6	13,6
Faible statut socioéconomique¹						
Oui	1 119 880	4 614 355	11,9	42,0	30,8	15,4
Non	2 856 090	13 028 245	13,5	43,7	28,0	14,8

1. Le faible statut socioéconomique a été défini comme les personnes appartenant aux deux quintiles de revenu les plus faibles dont le niveau de scolarité le plus élevé était un diplôme secondaires ou moins.

Notes : La somme des pourcentages peut ne pas correspondre à 100 en raison de l'arrondissement. « Personne » est le nombre par covariable sociodémographique, tandis que « personne-tranches » est le nombre de personnes par catégorie au sein de la tranche de temps T₀ à T₅, qui étaient vivantes. Les proportions sont fondées sur la répartition de la température ambiante de T₀ à T₅ pour les personnes qui étaient vivantes. Par conséquent, le dénominateur est la personne-tranche.

Source : Statistique Canada, Cohortes santé et environnement du recensement canadien, 1991, 1996 et 2001.

Discussion

La présente étude brosse un portrait national de la mobilité résidentielle et des expositions environnementales externes dynamiques et multidomaines au Canada grâce à l'élaboration du FEMR. En intégrant les données historiques résidentielles individuelles à des mesures à résolution spatiale et temporelle de la pollution de l'air ambiant, de l'environnement bâti et des espaces verts ainsi que de la température ambiante, le FEMR représente un fichier analytique novateur conçu pour caractériser les expositions environnementales comme des processus variables dans le temps plutôt que comme des attributs statiques d'un lieu. Le FEMR fait progresser la compréhension actuelle en tirant parti explicitement des biographies d'exposition — des résumés longitudinaux des conditions environnementales que rencontrent les personnes au fil de leurs déménagements dans l'espace et le temps. Contrairement aux approches traditionnelles d'évaluation de l'exposition qui présument que les personnes se trouvent dans une situation de stabilité résidentielle ou de constance environnementale, le cadre du FEMR saisit l'évolution des personnes et des environnements, et la manière dont ces dynamiques s'entrecroisent avec la stratification sociodémographique.

Ce cadre dynamique s'harmonise avec les paradigmes émergents sur l'exposome, qui mettent l'accent sur les expositions cumulatives, dépendantes du temps et socialement structurées tout au long de la vie^{11,22,33,34}. Au-delà de sa contribution scientifique, ce travail correspond également aux objectifs du projet de loi C-226, la *Loi sur la stratégie nationale relative au racisme environnemental et à la justice environnementale*, en fournissant une base empirique pour examiner la manière dont la race, la position socioéconomique et le lieu forment conjointement la structure du risque environnemental au Canada. La contribution principale de cette étude est double : premièrement, elle décrit la création d'un fichier analytique longitudinal harmonisé (le FEMR), et deuxièmement, elle établit le profil de la cohorte en ce qui concerne les tendances de mobilité résidentielle et les grappes d'expositions environnementales dans trois domaines de l'environnement externe. Le cadre analytique utilise un partitionnement annuel des k-moyennes dans chaque domaine, suivi d'une règle de dominance temporelle, afin de regrouper des données d'exposition spatio-temporelles à haute dimension en profils d'exposition longitudinaux interprétables.

Il est important de noter que le FEMR normalise la classification de l'exposition selon une échelle commune à trois niveaux (faible, moyen, élevé) pour chaque domaine environnemental. Pour les trois domaines, la grappe de niveau « faible » sert de catégorie de référence et représente l'environnement d'exposition le moins défavorable. Pour le domaine de la pollution de l'air ambiant, la grappe de niveau « faible » représente les zones ayant des concentrations les plus faibles de PM_{2,5}, NO₂, O₃ et O_x, tandis que la grappe de niveau « élevé » regroupe les zones ayant le plus grand fardeau de polluants selon ces indicateurs. Pour le domaine de l'environnement bâti et les espaces verts, l'IVDN a été inversé avant le partitionnement de manière à ce que des valeurs plus élevées représentent une réduction de la verdure. Par conséquent, la grappe de niveau « faible » représente des zones caractérisées par une couverture végétale plus importante, une densité moindre du tissu urbain et une proportion plus élevée de terres naturelles, tandis que la grappe de niveau « élevé » représente une urbanisation accrue, une réduction des espaces verts et la prédominance d'environnements bâtis denses. Dans le domaine de la température ambiante, les variables liées au froid — les températures minimales quotidiennes annuelles moyennes et annuelles les plus faibles — ont été inversées de façon similaire avant le partitionnement afin que des valeurs plus élevées rendent compte systématiquement d'un stress thermique plus important, quelle que soit la direction. Par conséquent, la grappe de niveau « faible » représente les zones ayant des conditions thermiques modérées et des valeurs extrêmes de température moindres, tandis que la grappe de niveau « élevé » désigne les zones ayant le plus grand fardeau thermique, comprenant à la fois des valeurs extrêmes de chaleur et de froid. Dans tous les domaines, la grappe de niveau « moyen » correspond à des conditions d'exposition intermédiaires. Les chercheurs qui ont recours au FEMR sont donc encouragés à utiliser la grappe de niveau « faible » comme catégorie de référence dans les analyses subséquentes, ce qui permet d'interpréter les grappes de niveau « moyen » et « élevé » comme des niveaux croissants de fardeau environnemental dans chaque domaine.

Toutefois, il convient de souligner certaines mises en garde analytiques importantes. La part disproportionnellement petite de membres de la cohorte classés dans la grappe de niveau « élevé » du domaine de l'environnement bâti et des espaces verts — représentant environ 1 % de la cohorte dans l'ensemble de toutes les tranches de temps (T₀ à T₅) — représente la géographie résidentielle de la population canadienne plutôt qu'un artefact du processus de classification, puisque les environnements fortement urbanisés et ayant peu de verdure sont véritablement rares dans ce contexte. Les chercheurs qui utilisent cet ensemble de données doivent être conscients qu'une appartenance si rare aux grappes peut entraîner des estimations de l'effet instables, de grands intervalles de confiance et une puissance statistique réduite lors d'analyses épidémiologiques ultérieures. On recommande donc aux utilisateurs d'interpréter avec prudence les associations qui font appel à la grappe de niveau « élevé » de l'environnement bâti et des espaces verts, et d'envisager des analyses de sensibilité qui regroupent les catégories peu fréquentes ou qui les stratifient selon une taille d'échantillon adéquate lorsque cela est possible.

D'un point de vue méthodologique, le cadre du FEMR offre une approche évolutive pour exploiter la mobilité résidentielle comme une caractéristique quasi expérimentale des données observationnelles. La valeur du FEMR réside dans son potentiel pour la recherche quasi expérimentale. Pour renforcer l'interprétation causale, les personnes ayant déménagé au cours des cinq années précédant la période de référence ont été exclues afin de soutenir l'hypothèse de l'expérience naturelle. Lorsqu'elle est associée à des méthodes par score de propension ou à d'autres conceptions quasi expérimentales, cette restriction améliore la plausibilité des comparaisons contrefactuelles et atténue le biais d'autosélection inhérent à la recherche sur la mobilité résidentielle.

Avant d'examiner plus en détail les hypothèses méthodologiques sous-jacentes au fichier analytique, il est important de situer ces résultats dans le contexte du profil de la cohorte. La composition démographique de la cohorte analytique était globalement représentative de la population source (CSERCan), ce qui soutient la généralisabilité des analyses fondées sur le FEMR. La restriction du fichier analytique aux individus de 25 à 89 ans à la période de référence était intentionnelle, et visait à réduire, sans toutefois l'éliminer complètement, l'instabilité résidentielle plus fréquente chez les groupes d'âge plus jeunes. Conformément à cette justification, la principale différence démographique entre les personnes incluses et exclues était l'âge, les personnes de 25 à 34 ans étant disproportionnellement exclues en raison de la mobilité résidentielle cinq ans avant la période de référence. Cette tendance témoigne des dynamiques de mobilité au cours de la vie bien documentées chez les jeunes adultes¹⁸. De plus, la mobilité résidentielle variait considérablement selon les groupes de population et les strates sociodémographiques. Les membres noirs de la cohorte étaient relativement plus susceptibles de déménager pendant la période de suivi, tandis que les membres des Premières Nations et les Inuit étaient moins susceptibles de déménager. Ces tendances concordent avec les recherches antérieures qui donnent à penser que la mobilité est influencée par des facteurs tels que les occasions socioéconomiques, le niveau de scolarité, l'état de santé, la satisfaction à l'égard de la vie et les liens culturels et historiques avec la terre et la communauté^{21-23,35,36}, entre autres. Des probabilités plus élevées de mobilité prévues chez les populations racisées peuvent également rendre compte de facteurs de mobilité hétérogènes, y compris la recherche d'occasions et le déménagement axé sur les contraintes^{22,37}.

Le profil de cohorte du FEMR révèle en outre des tendances d'exposition environnementale distinctes chez les populations racisées et les populations immigrantes, en particulier dans le domaine de la pollution de l'air ambiant. Certains groupes de population étaient surreprésentés dans les grappes à exposition plus élevée, mettant en lumière des inégalités environnementales persistantes conformes aux études canadiennes et américaines antérieures qui ont établi un lien entre la racisation, le statut d'immigrant, le tri résidentiel et la proximité des sources d'émission^{21-23,35,36}. Il convient de souligner que la prévalence croissante des biographies d'exposition « mixtes » au fil du temps donne à penser que les classifications environnementales ne sont pas statiques; elles évoluent plutôt à la fois en raison de la mobilité résidentielle et du changement environnemental séculaire.

Plusieurs choix de conception méritent d'être pris en considération. Premièrement, la sélection des domaines environnementaux témoigne des données probantes épidémiologiques actuelles, mais le cadre est intentionnellement modulaire et applicable à d'autres expositions spatio-temporelles. Deuxièmement, la dépendance relative aux codes postaux des déclarations annuelles de revenus saisit la résidence à long terme, mais peut ne pas saisir la mobilité à court terme ou saisonnière. Toutefois, il est important de noter que le dossier analytique porte sur l'isolement des expositions soutenues (à long terme) — ainsi, un critère de stabilité résidentielle (présence durant quatre années ou plus sur cinq) a été appliqué. Troisièmement, l'utilisation d'une période d'exposition de cinq ans, conforme aux recherches antérieures sur la mortalité au Canada⁷, offre une base flexible pour des évaluations d'exposition cumulative plus longues (p. ex. des périodes de 10 ans, 15 ans ou 20 ans). Enfin, la stratégie de partitionnement — $k=3$ avec une règle de dominance temporelle de 60 % — privilégie la parcimonie et l'interprétabilité. Cependant, cette approche suppose que chaque année d'exposition contribue de

manière égale au risque pour la santé à long terme. Cette hypothèse peut ne pas être valable dans des contextes où des expositions aiguës ou extrêmes causent des effets biologiques disproportionnés. Dans de tels cas, les années d'exposition non dominantes peuvent l'emporter sur la classification dominante. Les futures applications du FEMR pourraient donc bénéficier de modèles d'exposition cumulative pondérée, qui permettent de pondérer les expositions variables dans le temps en fonction de la récence et de la latence au moyen des fonctions flexibles, comme les splines cubiques³⁸. De plus, la création d'une catégorie d'exposition « mixte » offre une occasion unique d'étudier l'incidence sur la santé de l'instabilité environnementale elle-même, qui peut rendre compte de facteurs de stress cumulatifs ou des effets synergiques au-delà des modèles d'exposition additive.

Parmi ses principales forces, le FEMR est un fichier analytique représentatif à l'échelle nationale fondé sur la population, qui intègre des données historiques résidentielles à long terme à des données environnementales multidomaines ayant une résolution spatiale fine. Il relève un défi central dans la recherche sur l'exposome : prendre en compte la mobilité humaine tout en préservant l'ordre temporel des expositions. En harmonisant les données du recensement, les données sur le revenu, les données des statistiques de l'état civil et des données sur l'environnement, le FEMR offre une plateforme reproductible pour examiner les inégalités environnementales, les relations entre le climat et la santé et les expositions cumulatives tout au long de la vie. Son envergure permet d'effectuer des analyses stratifiées selon les groupes de population et les strates socioéconomiques, tandis que sa conception soutient des méthodes avancées comme la modélisation de trajectoires, les approches par appariement et le profilage d'exposition multidomaine.

Plusieurs limitations méritent d'être prises en compte. L'affectation de l'exposition au centroïde du code postal pourrait ne pas saisir pleinement l'hétérogénéité au sein du quartier. Toutefois, les codes postaux canadiens à six caractères offrent généralement une résolution spatiale fine, particulièrement dans les zones urbaines. L'affectation de l'exposition annuelle ne saisit pas la variabilité à court terme, mais ce choix de conception s'harmonise avec le sujet de l'étude, soit les processus d'exposition chronique et cumulative. Bien que le partitionnement des k-moyennes simplifie forcément les gradients d'exposition, ce compromis améliore l'interprétabilité et la comparabilité entre les domaines. Enfin, la mobilité résidentielle peut être influencée par des facteurs d'autosélection non mesurés, comme l'emploi ou l'état de santé. Néanmoins, les caractéristiques de conception longitudinale et les critères de stabilité avant la période de référence réduisent les biais potentiels.

En conclusion, cette étude démontre la faisabilité et la valeur du FEMR en tant que ressource analytique nationale. En couplant les trajectoires résidentielles individuelles à des expositions environnementales dynamiques et multidimensionnelles, le FEMR crée une perspective du cours de la vie sur le risque environnemental et les inégalités. Donc, il fournit une base essentielle pour les futures recherches épidémiologiques, méthodologiques et pertinentes pour les politiques qui visent à comprendre comment la mobilité, l'environnement et la stratification sociale façonnent conjointement la santé de la population dans un climat en changement.

Références

1. O'Neill M.S., M. Jerrett, I. Kawachi et coll. « [Health, wealth, and air pollution: Advancing theory and methods](#) », Environ Health Perspect, 2003, vol. 111, no 16, p. 1861–1870. <https://doi.org/10.1289/ehp.6334>.
2. Hajat A., C. Hsia et M.S. O'Neill. « [Socioeconomic disparities and air pollution exposure: A global review](#) », Curr Environ Health Rep., 2015, vol. 2, no 4, p. 440–450. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0069-5>.
3. Crouse D.L., L. Pinault, A. Balram et coll. « [Urban greenness and mortality in Canada's largest cities: A national cohort study](#) », Lancet Planet Health, 2017, vol. 1, no 7, p. e289–e297. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30118-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30118-3).
4. Pinault L.L., S. Weichenthal, D.L. Crouse et coll. « [Associations between fine particulate matter and mortality in the 2001 Canadian Census Health and Environment Cohort](#) », Environ Res., 2017, vol. 159, p. 406–415. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.037>.
5. Elliott S.J., D.C. Cole, P. Krueger, N. Voorberg et S. Wakefield. « [The power of perception: Health risk attributed to air pollution in an urban industrial neighbourhood](#) », Risk Anal., 1999, vol. 19, no 4, p. 621–634. <https://doi.org/10.1023/a:1007029518897>.
6. Wilson S.M., H. Fraser-Rahim, E. Williams et coll. « [Assessment of the distribution of toxic release inventory facilities in metropolitan Charleston: An environmental justice case study](#) ». Am J Public Health, 2012, vol. 102, no 10, p. 1974–1980. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.300700>.
7. Chen H., J.S. Kaufman, T. Olaniyan et coll. « [Changes in exposure to ambient fine particulate matter after relocating and long-term survival in Canada: Quasi-experimental study](#) », BMJ, 2021, vol. 375, p. n2368. <https://doi.org/10.1136/bmj.n2368>.
8. Chakraborty J., T.W. Collins et S.E. Grineski. « [Environmental justice research: Contemporary issues and emerging topics](#) », Int J Environ Res Public Health, 2016, vol. 13, no 11, p. 1072. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111072>.
9. Bolte G., L. Dandolo, S. Gepp, C. Hornberg et S.L. Lumby. « [Climate change and health equity: A public health perspective on climate justice](#) », J Health Monit., 2023; vol. 8 (suppl 6), p. 3–35. <https://doi.org/10.25646/11772>.
10. Powell-Wiley T.M., R. Cooper-McCann, C. Ayers et coll. « [Change in neighborhood socioeconomic status and weight gain: Dallas Heart Study](#) », American Journal of Preventive Medicine, 2015, vol. 49, no 1, p. 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.01.013>.
11. Falkingham J., J. Sage, J. Stone et A. Vlachantoni. « [Residential mobility across the life course: Continuity and change across three cohorts in Britain](#) », Advances in Life Course Research, 2016, vol. 30, p. 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.alcr.2016.06.001>.
12. Buzzelli M. et M. Jerrett. « Geographies of susceptibility and exposure in the city: Environmental inequity of traffic-related air pollution in Toronto », The Canadian Journal of Regional Science, 2007.

13. Vineis P., M. Chadeau-Hyam, H. Gmuender et coll. « [The exposome in practice: Design of the EXPOsOMICS project](#) », *Int J Hyg Environ Health*, 2017, vol. 220 (2 Pt A), p. 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.08.001>.
14. Vineis P., O. Robinson, M. Chadeau-Hyam, A. Dehghan, I. Mudway et S. Dagnino. « [What is new in the exposome?](#) », *Environ Int.*, 2020, vol. 143, p. 105887. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105887>.
15. Wild C.P., A. Scalbert et Z. Herceg. « [Measuring the exposome: A powerful basis for evaluating environmental exposures and cancer risk](#) », *Environ Mol Mutagen*, 2013, vol. 54, no 7, p. 480-499. <https://doi.org/10.1002/em.21777>.
16. Vrijheid M. « [The exposome: A new paradigm to study the impact of environment on health](#) », *Thorax*, 2014, vol. 69, no 9, p. 876-878. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2013-204949>.
17. Baccarelli A., D.C. Dolinoy et C.L. Walker. « [A precision environmental health approach to prevention of human disease](#) », *Nat Commun.*, 2023, vol. 14, no 1, p. 2449. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37626-2>.
18. Saucy A., U. Gehring, S. Olmos et coll. « [Effect of residential relocation on environmental exposures in European cohorts: An exposome-wide approach](#) », *Environ Int.*, 2023, vol. 173, p. 107849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107849>.
19. Nobile F., K. Dimakopoulou, C. Astrom et coll. « [External exposome and all-cause mortality in European cohorts: The EXPANSE project](#) », *Front Epidemiol*, 2024, vol. 4, p. 1327218. <https://doi.org/10.3389/fepid.2024.1327218>.
20. Tjepkema M., T. Christidis, T. Bushnik et L. Pinault. « [Cohort profile: The Canadian Census Health and Environment Cohorts \(CanCHECs\)](#) », *Health Rep.*, 2019, vol. 30, no 12, p. 18-26. <https://doi.org/10.25318/82-003-x201901200003-fra>.
21. Awad Y.A., Q. Di, Y. Wang et coll. « [Change in PM2.5 exposure and mortality among Medicare recipients: Combining a semi-randomized approach and inverse probability weights in a low exposure population](#) », *Environmental Epidemiology*, 2019, vol. 3, no 4, p. e054. <https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000054>.
22. McCormack G.R., L. McLaren, G. Salvo et A. Blackstaffe. « [Changes in objectively-determined walkability and physical activity in adults: A quasi-longitudinal residential relocation study](#) », *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, vol. 14, no 5, p. 551. <https://doi.org/10.3390/ijerph14050551>.
23. Gasparrini A., Y. Guo, M. Hashizume et coll. « [Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study](#) », *Lancet*, 2015, vol. 386, no 9991, p. 369-375. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0).
24. Toyib O., E. Lavigne, A. Traub et coll. « [Long-term exposure to oxidant gases and mortality: Effect modification by PM2.5 transition metals and oxidative potential](#) », *Epidemiology*, 2022, vol. 33, no 6, p. 767-776. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001538>.

25. Kivimäki M., G.D. Batty, J. Pentti et coll. « [Modifications to residential neighbourhood characteristics and risk of 79 common health conditions: A prospective cohort study](#) », The Lancet Public Health, 2021, vol. 6, no 6, p. e396-e407. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(21\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(21)00066-9).
26. Robichaud A. et R. Ménard. « [Multi-year objective analyses of warm season ground-level ozone and PM2.5 over North America using real-time observations and Canadian operational air quality models](#) », Atmos Chem Phys., 2014, vol. 14, p. 1769-1800. <https://doi.org/10.5194/acp-14-1769-2014>.
27. CANUE — Le Consortium canadien de recherche sur la santé environnementale en milieu urbain.
28. Robinson N.P., B.W. Allred, M.O. Jones et coll. « [A dynamic Landsat derived Normalized Difference Vegetation Index \(NDVI\) product for the conterminous United States](#) », Remote Sensing, 2017, vol. 9, no 8, p. 863. <https://doi.org/10.3390/rs9080863>.
29. Stewart I.D. et T.R. Oke. « [Local climate zones for urban temperature studies](#) », Bulletin of the American Meteorological Society, 2012, vol. 93, no 12, p. 1879-1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>.
30. Zick C.D., H. Hanson, J.X. Fan et coll. « [Re-visiting the relationship between neighbourhood environment and BMI: An instrumental variables approach to correcting for residential selection bias](#) », Int J Behav Nutr Phys Act., 2013, vol. 10, no 27. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-27>.
31. McKenney D.W., M.F. Hutchinson, P. Papadopol et coll. « [Customized spatial climate models for North America](#) », Bulletin of the American Meteorological Society, 2011, vol. 92, no 12, p. 1611-1622. <https://doi.org/10.1175/2011BAMS3132.1>.
32. Ikotun A.M., A.E. Ezugwu, L. Abualigah, B. Abuhaija et J. Heming. « [K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data](#) », Information Sciences, 2023, vol. 622, p. 178-210. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>.
33. Bennett E.E., K.M. Lynch, X. Xu et coll. « [Characteristics of movers and predictors of residential mobility in the Atherosclerosis Risk in Communities \(ARIC\) cohort](#) », Health & Place, 2022, vol. 74, p. 102771. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2022.102771>.
34. Miller J.M., D. Haynes, S. Mason, O. Ojo-Fati, T. Osypuk et D. Neumark-Sztainer. « [The association of residential mobility with weight-related health behaviors](#) », Journal of Nutrition Education and Behavior, 2022, vol. 54, no 2, p. 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2021.08.018>.
35. Chakraborty J., J.A. Maantay et J.D. Brender. « [Disproportionate proximity to environmental health hazards: Methods, models, and measurement](#) », Am J Public Health, 2011, vol. 101, suppl 1 (suppl 1), p. 27. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2010.300109>.
36. Mah S.M., E. Buajitti, L. Pagalan et coll. « [Robust indicators of residential mobility derived from longitudinal Canadian data to examine population health across the life course](#) », Soc Indic Res., 2025, vol. 177, no 3, p. 937-957. <https://doi.org/10.1007/s11205-025-03521-0>.

37. Schüle S.A., L.K. Hilz, S. Dreger et G. Bolte. [« Social inequalities in environmental resources of green and blue spaces: A review of evidence in the WHO European region »](#), Int J Environ Res Public Health, 2019, vol. 16, no 7, p. 1216. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071216>.
38. Sylvestre M. et M. Abrahamowicz. [« Flexible modeling of the cumulative effects of time-dependent exposures on the hazard »](#), Stat Med., 2009, vol. 28, no 27, p. 3437-3453. <https://doi.org/10.1002/sim.3701>.