



RÉSILIENCE INCLUSIVE

INDICE DE VULNÉRABILITÉ
SOCIO-ÉCONOMIQUE POUR
CARTOGRAPHIER LES RISQUES
D'INONDATION EN VUE DE
COMMUNICATIONS CIBLÉES ET
D'UNE RÉDUCTION DES RISQUES
LIÉS AUX CATASTROPHES

RÉSUMÉ

Avant, pendant et après les catastrophes, la Croix-Rouge canadienne travaille avec les individus et les collectivités à l'échelle du Canada pour renforcer leur résilience. En 2019, la Croix-Rouge et Sécurité publique Canada ont lancé un projet de quatre ans, le *Programme de contribution pour la sensibilisation du public à la gestion des urgences*. Ce programme permet de développer et de tester du matériel, des méthodes et des outils pour mobiliser et outiller les collectivités de manières culturellement pertinentes. Il s'appuie sur une évaluation et un suivi continu en vue de l'amélioration de la préparation aux situations d'urgence et aux catastrophes.

Dans le cadre de ce programme, le projet de **résilience inclusive** vise à promouvoir des approches, des outils et des actions inclusifs favorisant la réduction des risques liés aux catastrophes (RRC) et la préparation aux situations d'urgence dans tout le Canada. La Croix-Rouge canadienne a mis en œuvre le projet en partenariat avec Intelli-feu Canada, Partners for Action (Université de Waterloo), la BC Earthquake Alliance, l'Association des femmes autochtones du Canada et des partenaires communautaires.

Partners for Action a réalisé deux volets de recherche pour le projet de résilience inclusive : l'un sur la sensibilisation du public et la communication des risques, et l'autre sur la manière de cerner les vulnérabilités socio-économiques disproportionnées afin de déterminer comment allouer équitablement et efficacement les ressources pour renforcer la résilience communautaire. Le présent rapport présente les résultats de ce deuxième volet.

Les indices de vulnérabilité socio-économique (IVS) sont des outils d'aide à la décision qui révèlent la distribution spatiale d'une vulnérabilité disproportionnée en fonction d'un ensemble de variables. Les notes d'IVS peuvent être cartographiées à l'aide de systèmes d'information géographique (SIG), ce qui permet de repérer facilement les zones les plus vulnérables d'une collectivité. L'exposition aux aléas peut également être cartographiée. La visualisation des analyses de vulnérabilité et d'exposition aux aléas à l'aide d'un SIG peut aider les gestionnaires des situations d'urgence à concentrer leurs efforts sur les zones où les Canadiens sont exposés à différents aléas. Une fois que les zones de vulnérabilité socio-économique disproportionnée (« vulnérabilité sociale ») ou les risques liés à un aléa particulier (comme les inondations) sont cernés, les communications et les stratégies relatives aux risques peuvent être affinées et mises en œuvre au niveau communautaire de manière plus efficace et efficiente.

Pour en savoir plus sur les recherches sur lesquelles le présent rapport est fondé, visitez le site Web de l'étude de recherche sur la résilience inclusive : uwaterloo.ca/inclusive-resilience/.

LE RAPPORT EN BREF

Le terme « **vulnérabilité sociale** » désigne les conditions socio-économiques qui réduisent la capacité de certaines personnes à se préparer à un choc ou à un aléa, à y faire face et à s'en remettre. Ces personnes sont ainsi plus sensibles aux conséquences négatives d'une catastrophe que les autres membres de leur collectivité qui ne sont pas soumis aux mêmes contraintes systémiques ou structurelles. Les catastrophes, comme les inondations, les glissements de terrain et les tremblements de terre, peuvent à la fois exacerber les inégalités existantes et créer de nouvelles vulnérabilités socio-économiques au sein d'une collectivité. Une fois les zones présentant des vulnérabilités sociales disproportionnées cernées, on peut affiner les communications sur les risques et les diffuser au niveau communautaire, avec une meilleure compréhension de la priorité des efforts. Par conséquent, la détermination des variations spatiales de la vulnérabilité sociale est essentielle pour une distribution efficace et efficiente des stratégies de sensibilisation et de préparation.

L'établissement d'un IVS est une méthode d'évaluation des vulnérabilités sociales. Cet outil d'aide à la décision peut réduire la distribution spatiale des produits de sensibilisation et de préparation pour les Canadiens touchés de manière disproportionnée par tous les aléas. En combinant des variables socio-économiques provenant d'un ensemble de données, comme un recensement national, un IVS permet d'établir des comparaisons entre des collectivités ou des quartiers à l'aide de représentations cartographiques visuelles exprimées au moyen d'un SIG. Cependant, l'évaluation des vulnérabilités sociales ne suffit pas à elle seule pour déterminer les zones prioritaires en vue de la mise en place de programmes de communications et de préparation relativement aux risques. Compte tenu de la fréquence et de la gravité accrues des aléas naturels dus aux changements climatiques, il est essentiel de combiner les analyses de vulnérabilité sociale aux données sur l'exposition aux aléas afin de déterminer où se trouvent les personnes les plus susceptibles de subir des risques et qui, au sein de ces zones, pourrait être le plus désavantagé sur le plan systémique et donc nécessiter un soutien supplémentaire pour se préparer aux catastrophes, y faire face et s'en remettre.

Partners for Action a combiné un IVS, établi à partir de données de recensement accessibles au public, et une analyse de l'exposition aux inondations fondée sur des données de JBA Risk Management, en utilisant une licence de l'Université de Waterloo, afin de cerner les zones au sein des collectivités qui présentent des niveaux élevés à la fois de vulnérabilité sociale et d'exposition aux inondations.

Le présent rapport commence par explorer le concept de vulnérabilité sociale et par cerner les groupes démographiques les plus susceptibles d'être touchés de manière disproportionnée par les inondations, sur la base de la littérature existante en matière de réduction des risques liés aux catastrophes, de gestion des urgences et d'adaptation aux changements climatiques dans le contexte nord-américain. Le rapport se poursuit par une discussion sur la manière dont les indices de vulnérabilité sociale ont été utilisés pour éclairer la prise de décision fondée sur l'équité, et à quelles fins. Des méthodologies sont fournies pour l'établissement d'un IVS, l'analyse de l'exposition aux inondations et la superposition des deux afin que l'on puisse visualiser le risque dans des cartes Web, avec les utilisations et les limites dans chaque cas. Des cartes des risques d'inondation superposées aux analyses spatiales des données sur l'exposition aux inondations et la vulnérabilité sociale (au moyen d'un IVS) sont fournies pour les collectivités suivantes, désignées par la Croix-Rouge pour ce projet :

- (1) Richmond, Colombie-Britannique;
- (2) Thompson, Manitoba;
- (3) Ottawa-Renfrew, Ontario;
- (4) Ottawa-Gatineau, Ontario;
- (5) Moose Factory, Ontario; et
- (6) Bay St. George, Terre-Neuve-et-Labrador.

Enfin, des recommandations et des domaines de recherche future sont proposés pour permettre de reproduire, de valider et de faire progresser les méthodologies d'IVS et d'évaluation des risques décrites.

À PROPOS DE PARTNERS FOR ACTION (P4A)

P4A est une initiative de recherche de la faculté de l'environnement de l'Université de Waterloo qui vise à accroître la résilience aux inondations des Canadiens en promouvant des mesures de sensibilisation et de préparation inclusives et fondées sur des données probantes. Le partenariat est au cœur de notre approche; les collaborations stratégiques nous permettent de nous concentrer sur l'ajustement des interventions en cas d'inondation sur le terrain et avec les décideurs politiques. En tant que leader d'opinion et responsable de FloodSmart Canada, P4A fait avancer la conversation et l'action à plusieurs niveaux en mobilisant les collectivités dans le cadre de la sensibilisation aux risques d'inondation et de la préparation, en établissant des partenariats pour l'adaptation et en développant la planification et la prévision en matière de résilience aux inondations. Ces priorités permettront aux collectivités d'accéder à des ressources pratiques et à des recherches novatrices, et d'adopter une résilience inclusive.

Pour en savoir plus, consultez le :

www.uwaterloo.ca/partners-for-action.



À PROPOS DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE

Au Canada et à l'étranger, la Croix-Rouge se tient prête à aider les gens avant, pendant et après les catastrophes. En tant que membre du Mouvement international de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, qui est composé de la Fédération internationale des Sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, du Comité international de la Croix-Rouge et de 191 sociétés nationales de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge, la Croix-Rouge canadienne a pour mission d'appuyer les personnes et les collectivités du Canada et du monde entier en cas de besoin et de les aider à renforcer leur résilience.

REMERCIEMENTS

Sécurité publique Canada a financé ce projet. Les points de vue exprimés aux présentes ne reflètent pas nécessairement ceux de Sécurité publique Canada.



Public Safety
Canada

Sécurité publique
Canada

Les auteurs remercient la Croix-Rouge canadienne pour sa contribution et son soutien à la définition des objectifs et des méthodologies de recherche du présent rapport. La Croix-Rouge a également contribué à la conception des outils de collecte de données et a offert des conseils sur les approches inclusives de recherche. En collaboration avec Partners for Action, la Croix-Rouge a pris part à la mobilisation des connaissances sur les résultats de recherche et a soutenu l'élaboration de recommandations pour le rapport définitif. La Croix-Rouge canadienne, en partenariat avec Partners for Action, souhaite également remercier les organisations suivantes, qui ont soutenu ce travail : Sécurité publique Canada, la BC Earthquake Alliance, Intelli-feu Canada, l'Association des femmes autochtones du Canada et des partenaires communautaires à l'échelle du Canada.

Références

Rédactrice en chef

Sharmalene Mendis-Millard

Rédacteurs principaux

Felicia Watterodt

Kasra Motlaghzadeh

Mohammad Sina Jahangir

Conception du rapport et traduction

Croix-Rouge canadienne

Chercheurs

Jean Andrey, *Chercheuse principale*

Jason Thistlethwaite, *Cochercheur*

Liton Chakraborty, *Cochercheur*

Kasra Motlaghzadeh

Mohammad Sina Jahangir

Felicia Watterodt

Avec Bryan Castillo et Kalindi Shah

Révisure

Niloofar Mohtat

Veillez utiliser la notice bibliographique suivante :

Partners for Action (2024). *Résilience inclusive : indice de vulnérabilité socio-économique (IVS) pour cartographier les risques d'inondation en vue de communications ciblées et d'une réduction des risques liés aux catastrophes.* Waterloo (Ontario) : Université de Waterloo.

© Partners for Action, mars 2024

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

1 INTRODUCTION, CONTEXTE ET MOTIF DE L'ÉTUDE	
2 QUI EST TOUCHÉ DE MANIÈRE DISPROPORTIONNÉE PAR LES INONDATIONS?	
Les catastrophes « non naturelles » amplifient les menaces	9
Personnes touchées de manière disproportionnée.	10
3 INTRODUCTION À LA RECHERCHE EN MATIÈRE D'IVS ET À SON APPLICATION	
Que sont les indices de vulnérabilité sociale (IVS)?	14
Recherche fondamentale sur les IVS aux États-Unis	14
Recherche fondamentale sur les IVS dans le contexte canadien.	16
Un IVS national développé par Chakraborty et autres (2020)	17
En quoi un IVS peut-il être utile dans le cadre de la prise de décision fondée sur l'équité?	18
4 VUE D'ENSEMBLE DE L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE	
5 GUIDE SUR L'ÉTABLISSEMENT DE L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE	
Phase 1: Collecte de données et préparation	22
Phase 2: Analyse et calcul.	24
Phase 3: Distribution et diffusion géospatiales	25
Représentations cartographiées de l'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne pour six collectivités canadienne.	28
6 ANALYSE DU RISQUE DE CRUES EN FONCTION DE LA RÉGION	
Justification et aperçu	30
Analyse géospatiale de l'exposition aux inondations.	31
Cartes de l'exposition aux inondations pour six communautés canadiennes	31

7 | CARTES DES RISQUES D'INONDATION : UTILISATION D'UNE MÉTHODE DE SUPERPOSITION SPATIALE

Conseils sur la reproduction des évaluations de la vulnérabilité sociale et des aléas. 38

8 | RECOMMANDATIONS POUR L'UTILISATION D'UN IVS

9 | DOMAINES DE RECHERCHE FUTURS

ANNEXE A : GLOSSAIRE

ANNEXE B : PROCESSUS DE P4A POUR ÉTABLIR L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE

ANNEXE C : PUBLICATIONS DE CHAKRABORTY ET AUTRES

ANNEXE D : VARIABLES DE L'IVS ET RAISON D'ÊTRE

ANNEXE E : CRÉATION DE CARTES WEB DES IVS AVEC ARCGIS

ANNEXE F : HIÉRARCHIE DES RÉGIONS GÉOGRAPHIQUES NORMALISÉES POUR LA DIFFUSION, RECENSEMENT DE 2016

RÉFÉRENCES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

IVS 2020	Indice de vulnérabilité sociale développé par Chakraborty et autres (2020) selon la base des données du recensement de 2016
IVS 2023	Indice de vulnérabilité sociale établi pour la Croix-Rouge canadienne à partir des données du recensement de 2016
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
ACC	Adaptation aux changements climatiques
CDC	Centre for Disease Control
CHASS	Analyseur de recensement canadien
SDR	Sous-division de recensement
SR	Secteur de recensement
AD	Aire de diffusion
ID	Îlot de diffusion
RRC	Réduction des risques liés aux catastrophes
GU	Gestion des urgences
GRI	Gestion des risques d'inondation
SIG	Système d'information géographique
RGP	Régression géographiquement pondérée
IIRM	Indice intégré des risques et menaces
JBA	JBA Risk Management
RNCan	Ressources naturelles Canada
CDR	Centre de données de recherche
SSÉ	Statut socio-économique
IVS	Indice de vulnérabilité sociale
P4A	Partners for Action
ACP	Analyse des composantes principales
SPC	Sécurité publique Canada
ISP	Indice de susceptibilité physique

1 | INTRODUCTION, CONTEXTE ET MOTIF DE L'ÉTUDE

Ce travail a pour but d'étayer une stratégie complète d'évaluation des risques pour la Croix-Rouge canadienne dans le cadre de son *Programme de contribution pour la sensibilisation du public à la gestion des urgences* avec Sécurité publique Canada. Le programme aidera à développer et à tester du matériel, des méthodes et des outils pour mieux mobiliser et outiller les collectivités, d'une manière culturellement pertinente, afin d'améliorer la préparation aux situations d'urgence et aux catastrophes. Cette approche repose sur la surveillance et l'évaluation dans le but de guider les améliorations continues. Dans le cadre de ce programme, la Croix-Rouge a cherché à mieux repérer les vulnérabilités socio-économiques disproportionnées pour déterminer où concentrer les ressources permettant de renforcer la résilience communautaire.

La vulnérabilité socio-économique a été définie de plusieurs manières et est souvent appelée « vulnérabilité sociale ». Dans les domaines de la justice environnementale et de la réduction des risques liés aux catastrophes (RRC), ce concept fait principalement référence aux conditions socio-économiques qui réduisent la capacité d'une population à se préparer à un choc ou à un aléa, à y faire face et à s'en remettre. Il repose sur l'idée que certains groupes démographiques sont plus sensibles aux effets négatifs des aléas. Les catastrophes liées aux **aléas naturels** s'aggravent en raison des changements climatiques et peuvent être considérées comme des « amplificateurs de menace » créant de nouvelles vulnérabilités sociales tout en exacerbant les problèmes existants (**Hallegatte et autres, 2016**). Les personnes dont les capacités socio-économiques sont réduites ont souvent du mal à se remettre des chocs et des catastrophes graves, ce qui peut entraîner des délais de rétablissement plus longs et une diminution du bien-être général, comme une baisse des résultats en matière de santé mentale (**Sherrieb et autres, 2010**).

Dans le cadre de cette recherche, le terme « **vulnérabilité sociale** » désigne les caractéristiques socio-économiques ou démographiques qui, d'une manière générale, augmentent la vulnérabilité d'un individu, d'un groupe ou d'une collectivité aux effets négatifs des aléas naturels, ce qui rend difficiles la préparation aux catastrophes, la gestion des catastrophes et le rétablissement après une catastrophe (**Cutter et autres, 2003; Cutter, 1996; Wisner et autres, 2004**). **La détermination de la variation spatiale des vulnérabilités sociales est essentielle pour une distribution efficace et efficiente des efforts de sensibilisation, des programmes et des stratégies en matière de réduction des risques liés aux catastrophes.** Une fois les collectivités présentant des vulnérabilités sociales disproportionnées cernées, on peut affiner les communications sur les risques pour la sensibilisation et la préparation et les diffuser au niveau communautaire.

L'établissement d'un **indice de vulnérabilité sociale (IVS)** est une méthode d'évaluation des vulnérabilités sociales. En combinant des variables socio-économiques provenant d'un ensemble de données (par exemple, un recensement national), un IVS permet l'analyse comparative des vulnérabilités à une échelle géographique particulière (par exemple, au niveau d'un quartier ou d'une collectivité). Cette analyse peut être représentée visuellement à l'aide d'une cartographie fondée sur un système d'information géographique (SIG). En tant qu'outil d'aide à la décision, l'IVS peut aider les décideurs et les praticiens à cibler les programmes de sensibilisation et de préparation aux situations d'urgence, ainsi que les interventions de réduction des risques liés aux catastrophes. Ainsi, on peut allouer de manière stratégique des fonds, des ressources et des capacités limités pour renforcer la résilience aux catastrophes là où un tel renforcement est le plus nécessaire au sein des collectivités, en accordant la priorité aux mesures visant à soutenir les personnes dont la vulnérabilité aux aléas et à leurs effets néfastes est disproportionnée.

Alors que la fréquence et la gravité des aléas naturels augmentent en raison des changements climatiques, on peut combiner les analyses d'IVS à des analyses de l'exposition aux aléas pour produire des évaluations des risques climatiques; ces analyses permettent de cerner les zones cibles des programmes de préparation aux catastrophes et les communications sur les risques.

Les inondations sont les catastrophes les plus répandues, les plus fréquentes et les plus coûteuses au Canada (**Sécurité publique Canada, 2022**). Les premières habitations au Canada ont été concentrées autour des abondantes ressources d'eau douce et côtière dans des zones sujettes aux inondations, ce qui a entraîné un aménagement foncier favorisant massivement le développement dans des zones à risque (**Rajabali & Agrawal, 2022; Wade, 2022**). Environ 80 % des villes canadiennes sont situées sur des plaines inondables (**Chakraborty et autres, 2021**), y compris un grand nombre des centres urbains les plus peuplés et les plus importants sur le plan économique (**Sécurité publique Canada, 2023**).

Les changements climatiques exacerbent les risques d'inondation au Canada en raison de la modification de l'écoulement fluvial, des précipitations, de la fonte des neiges, de l'élévation du niveau de la mer, du pergélisol, de la fonte des glaciers et de l'intensification des phénomènes météorologiques extrêmes (**Bush & Lemmen, 2019**). De nombreuses collectivités canadiennes ont déjà commencé à faire l'expérience de cette nouvelle réalité en matière de risques d'inondation dans un climat en évolution rapide, comme en témoignent des catastrophes récentes telles que l'ouragan Fiona (2022), les inondations au Manitoba et dans le nord-ouest de l'Ontario (2022), les rivières atmosphériques de la Colombie-Britannique (2021) et les inondations dans le sud de l'Alberta (2013). Selon le Bureau d'assurance du Canada (**2023**), « les sinistres catastrophiques assurés au Canada dépassent désormais régulièrement les 2 milliards de dollars par an », la plupart de ces sinistres résultant d'inondations. Cela représente une augmentation de 338,6 % des sinistres associés à des conditions météorologiques extrêmes par rapport à la période 1998-2008. Les dommages annuels causés par les inondations s'élèvent à eux seuls à près de

1,5 milliard \$ en pertes assurées (700 millions \$) et non assurées (800 millions \$) (**Sécurité publique Canada, 2022**). Malgré cela, un sondage national mené par Partners for Action (P4A) a révélé que 94 % des Canadiens ne sont pas conscients du risque d'inondation de leur logement (**Ziolecki et autres, 2020**).

Les évaluations et les cartes des risques d'inondation sont essentielles dans ce contexte. Bien que les données sur l'exposition aux inondations soient essentielles pour la détermination des zones sujettes aux inondations, il faut combiner ces données à une analyse de la vulnérabilité sociale pour déterminer les risques d'inondation, en incorporant les lieux où se trouvent les personnes les plus défavorisées et les plus susceptibles de subir les effets négatifs des inondations. À cette fin, on peut combiner un IVS à d'autres outils d'aide à la décision pour cerner et cartographier les **zones à risque**, c'est-à-dire les zones où convergent l'exposition aux aléas et la vulnérabilité sociale.

Dans le cadre de cette recherche, P4A a créé un IVS (« **IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne** ») et l'a combiné à une analyse de l'exposition aux inondations en utilisant les données de JBA Risk Management, au moyen d'une licence de l'Université de Waterloo, pour produire des cartes des risques d'inondation que la Croix-Rouge peut utiliser afin de cibler les communications et les programmes de sensibilisation et de préparation aux situations d'urgence, ainsi qu'afin d'informer d'autres stratégies de réduction des risques liés aux catastrophes.

Les décideurs et les praticiens peuvent utiliser ces cartes des risques d'inondation pour trouver les personnes qui pourraient avoir besoin de mobilisation supplémentaire, d'interventions politiques et de soutien afin d'améliorer leur résilience globale aux inondations, conformément à une approche de résilience inclusive. Une approche de **résilience inclusive** garantit que toutes les personnes peuvent contribuer de manière significative aux efforts de prise de décision, de planification et de réponse en ce qui a trait à la réduction des risques d'inondation, et bénéficier de ces efforts. L'adoption d'une vision globale des risques qui intègre les dimensions socio-économiques et géographiques est une étape vers la conception de politiques et de programmes de réduction des risques d'inondation équitables et accessibles axés sur les besoins des **personnes touchées de manière disproportionnée**.

* Veuillez noter que les termes « social » et « socio-économique » sont souvent utilisés de manière interchangeable pour désigner ce type d'indice; cependant, le terme « indices de vulnérabilité sociale » est plus communément utilisé dans la littérature sur la réduction des risques liés aux catastrophes et la gestion des urgences, et c'est ce terme qui est utilisé aux présentes.

Vous trouverez un glossaire complet à l'**annexe A**.

2 | QUI EST TOUCHÉ DE MANIÈRE DISPROPORTIONNÉE PAR LES INONDATIONS?

Contextualisation de la vulnérabilité sociale

- (1) Les vulnérabilités et l'exposition aux inondations et à d'autres aléas ne sont pas réparties de manière égale.

Les **barrières systémiques** et les **désavantages structurels** empêchent certaines populations d'accéder aux ressources nécessaires pour se préparer aux aléas, y faire face et s'en remettre, ce qui met ces populations en danger. Les **groupes en quête d'équité** et les **populations marginalisées** subissent de manière disproportionnée les effets des changements climatiques (par exemple, les conditions météorologiques extrêmes) en raison de schémas historiques d'inégalité, comme le colonialisme et les politiques discriminatoires en matière d'aménagement foncier et d'infrastructures. Ces populations sont souvent exclues des processus de décision et de planification qui les concernent, ou sont confrontées à des obstacles préexistants qui sont exacerbés en cas de catastrophe, ce qui réduit la résilience globale de ces populations par rapport à celle des personnes qui ne subissent pas les mêmes contraintes. Cette augmentation de la **vulnérabilité** peut être délibérée, par exemple en raison du **racisme systémique** et de la **discrimination**, ou involontaire, si des initiatives aux conséquences imprévues créent un écart entre des politiques bien intentionnées et les résultats pour les populations à risque.

Bien que de nombreux termes puissent décrire la manière dont divers groupes subissent des inégalités structurelles et systémiques dues à des facteurs sociaux, culturels et économiques, nous désignerons ces populations au moyen du terme « **personnes touchées de manière disproportionnée** ».

- (2) Les gens ne sont pas intrinsèquement vulnérables face à l'adversité.

Les structures et systèmes de pouvoir actuellement en place privilégient ou marginalisent certaines populations, créant des conditions qui réduisent leur **résilience**, c'est-à-dire leur capacité à faire face aux aléas naturels, à s'y adapter et à s'en remettre. La résilience est essentiellement le contraire de la vulnérabilité. Les conditions socio-écologiques qui créent ou réduisent la résilience sont inégalement réparties dans la société et évoluent au fil du temps (Adger, 2006). Autrement dit, la vulnérabilité n'est pas un état fixe et statique; elle est dynamique et dépend fortement du contexte. Dans le cadre de l'évaluation des besoins des personnes touchées de

manière disproportionnée et de la réponse à ces besoins, il est essentiel de garder à l'esprit cette distinction et les nuances entourant la résilience aux catastrophes.

« La vulnérabilité sociale, dans son essence, est déterminée par des systèmes de pouvoir. Les personnes confrontées à l'oppression, à l'exclusion et à la marginalisation systémiques sont considérées comme vulnérables en raison de caractéristiques démographiques. Pourtant, les caractéristiques démographiques ne constituent pas une vulnérabilité inhérente. »

Bouikidis & Tynan, 2022: pages 5 et 6

- (3) Les recherches démontrent que des conditions de vulnérabilité et de résilience peuvent coexister. Une vision de la vulnérabilité axée sur ces conditions reflète mieux la réalité : les systèmes et les structures sociétales sont conçus pour et par certaines personnes, au détriment d'autres personnes.**

Nous préconisons l'adoption d'une vision de la vulnérabilité axée sur les systèmes et les institutions qui créent des désavantages ou des préjudices, plutôt que d'en faire porter la responsabilité aux individus (par exemple, **Haalboom et Natcher, 2012; Bankoff, 2001; Chmutina et autres, 2023**). Étant donné que les populations n'ont pas toutes le même accès aux opportunités et aux ressources, les efforts de réduction des risques liés aux catastrophes (RRC), de gestion des urgences (GU) et d'adaptation aux changements climatiques (ACC) doivent réduire les inégalités systémiques et renforcer la résilience des personnes touchées de manière disproportionnée.

Les IVS offrent un moyen de déterminer quelles personnes sont susceptibles d'être touchées de manière disproportionnée par les catastrophes, ainsi que l'endroit où elles vivent; on peut ensuite utiliser ces renseignements dans le cadre de la planification et de la programmation de la réduction des risques pour soutenir **l'accès équitable** aux ressources. Ces indices sont fondés sur des données socio-économiques déterminées comme étant des mesures directes ou indirectes de ce qui rend les gens susceptibles de subir les effets négatifs d'un aléa.

- (4) Il ne faut utiliser les IVS et les données démographiques et économiques sur lesquelles ils sont fondés que comme point de départ pour comprendre les façons multidimensionnelles et intersectionnelles dont les conditions de risque sont créées.**

Bien que chaque personne vive les catastrophes différemment en fonction de son expérience et de sa situation personnelle, l'évaluation des risques au niveau de la population révèle que certains groupes sont confrontés à de multiples défis systémiques ou à des obstacles cumulés qui exacerbent leur vulnérabilité sociale. Les analyses **intersectionnelles** sont donc utiles pour mettre en lumière ces nuances. Par exemple, les Canadiens en situation de handicap sont deux fois plus susceptibles de connaître la pauvreté absolue que les autres Canadiens, et ceux qui sont à la tête

d'un ménage monoparental (41 %) ou qui vivent seuls (60 %) sont exposés à un risque disproportionné; cependant, peu importe la situation de handicap, 80 % des chefs de famille monoparentale sont des femmes (Morris et autres, 2018). Au Canada, les personnes en situation de handicap âgées de 25 à 64 ans sont plus susceptibles d'être au chômage (41 %) que les autres personnes en âge de travailler (20 %), et sont souvent confrontées à une marginalisation à la fois sociale et économique (Morris et autres, 2018). En outre, les personnes âgées de plus de 65 ans sont presque deux fois plus susceptibles d'être aux prises avec une situation de handicap que les jeunes adultes (Morris et autres, 2018). Ces exemples illustrent la façon dont de multiples facteurs, comme la situation de handicap, le sexe, l'âge et le statut socio-économique, peuvent influencer la résilience ou la vulnérabilité d'une personne face à un aléa naturel.

Les catastrophes « non naturelles » amplifient les menaces

Le Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNDRR) reconnaît qu'aucun aléa n'est naturel (McClean, 2021). La campagne #NoNaturalDisasters (NoNaturalDisasters, n.d.) explique pourquoi le terme « catastrophe naturelle » ne convient pas, puisqu'il peut détourner l'attention des actions et décisions humaines qui augmentent le risque que les gens soient touchés par les aléas. Un aléa naturel ne devient une catastrophe que lorsqu'il a des répercussions physiques, financières et sociales sur les êtres humains en raison de décisions en matière de planification et d'aménagement foncier, d'un environnement qui n'a pas été conçu pour faire face à des aléas particuliers et de l'échec des politiques, par exemple la décision de s'installer dans des zones inondables ou côtières, alors que cela augmente la probabilité que les résidents de ces zones soient victimes d'inondations.

Les catastrophes ne commencent pas par la survenue d'un aléa, mais plutôt par les conditions sociales, économiques et politiques qui créent et exacerbent les vulnérabilités, ainsi que par les décisions d'aménagement foncier et les structures réglementaires qui continuent à mettre en danger les personnes, les biens et les infrastructures. À ce titre, l'UNDRR (2017) définit le **risque d'inondation** comme une fonction de l'occurrence d'un aléa ainsi que de l'exposition, de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation relativement à cet aléa; nous nous concentrons ici sur l'exposition et la vulnérabilité sociale afin de cerner les **zones à risque**. Le terme « **exposition** » désigne la proximité d'un aléa (par exemple, l'aménagement foncier sur des plaines inondables), tandis que la **vulnérabilité** peut être caractérisée comme une susceptibilité physique (par exemple, le sous-investissement dans des infrastructures vieillissantes) ou socio-économique (par exemple, des ménages à faibles revenus possédant des ressources limitées pour faire face à des chocs soudains) à des résultats défavorables. En raison de la susceptibilité socio-économique, enracinée dans des inégalités historiques et structurelles, les conséquences négatives des catastrophes continuent d'être réparties de manière

inégale dans la société ([Fuentealba, 2021](#); [Rivera, 2020](#)). Les efforts visant à réduire les vulnérabilités sociales peuvent constituer un moyen concret de renforcer la capacité d'adaptation des individus et des communautés et, en fin de compte, de renforcer la résilience globale aux chocs liés au climat et aux catastrophes.

Personnes touchées de manière disproportionnée

Plusieurs déterminants de la vulnérabilité sociale et des répercussions disproportionnées connexes ont été cernés dans la littérature existante sur la RRC, la GU et l'ACC dans le contexte nord-américain. Ces facteurs socio-économiques mettent en évidence des personnes pouvant être confrontées à des conséquences particulièrement négatives dans le cadre de la réponse à un aléa et du rétablissement. Cette idée sous-tend l'importance d'une analyse de la vulnérabilité sociale en tant qu'élément crucial de la RRC et de la planification des urgences. Le [tableau 1](#), fondé sur une revue de la littérature, énumère les facteurs critiques qui influencent les personnes pouvant être touchées de manière disproportionnée par les charges physiques, émotionnelles, sociales, culturelles, économiques et sanitaires associées aux inondations au Canada.

Tableau 1 : Populations canadiennes touchées de manière disproportionnée par les inondations

Variable :	Types de répercussions :	Un exemple :
<p>Statut socio-économique</p> <p>Ménages à faible revenu, personnes sans-abri, niveau d'éducation, chômage</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accès aux ressources/insécurité économique ▪ Exposition/susceptibilité accrue aux inondations ▪ Mobilité ▪ Qualité du logement 	<p>Les personnes disposant de ressources financières limitées ont moins de possibilités d'évacuation ou de relogement. Les personnes qui n'ont pas les moyens de se procurer un autre logement (hôtel, location à court terme) ou de réparer leur logement endommagé peuvent être confrontées à l'insécurité sur le plan du logement ou à l'itinérance en raison de la pression financière supplémentaire qu'elles subissent (Burton et autres, 2016; Walker et autres, 2022).</p>
<p>Lecture complémentaire : Bjarnadottir et autres, 2011; Burton et autres, 2016; Chakraborty et autres, 2020; Collins et autres, 2018; Fielding et Burningham, 2007; Hallegatte et autres, 2016; Hamideh et autres, 2021; Gray-Scholz et autres, 2019; McLeod et Kessler, 1990; Morris et autres, 2018; Ramin et Svoboda, 2009; Rivera et autres, 2021; Vickery, 2017; Walker et autres, 2022</p>		

Variable :	Types de répercussions :	Un exemple :
<p>Composition et dynamique des ménages</p> <p>Ménages monoparentaux et d'une personne, locataires</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualité du logement ▪ Accès au soutien social ▪ Accès aux ressources/insécurité économique 	<p>Les ménages monoparentaux et d'une personne peuvent disposer de ressources financières limitées pour faire face aux catastrophes et s'en remettre, puisqu'une seule personne assume l'ensemble des responsabilités du ménage ou de la famille (Oulahen et autres, 2015a).</p>
<p>Lecture complémentaire : ATSDR, 2022; Klinenberg, 2016; Oulahen et autres, 2015a; Tobin-Gurley et autres, 2010</p>		
<p>Âge</p> <p>Nourrissons, enfants, jeunes, personnes âgées (50 ans et plus)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mobilité ▪ Santé physique et sécurité ▪ Résultats en matière de santé mentale ▪ Accès aux ressources/insécurité économique ▪ Accès au soutien social 	<p>Les personnes âgées subissent de manière disproportionnée les conséquences négatives des inondations et sont souvent confrontées à des obstacles supplémentaires en raison de leur mobilité réduite et de leur état de santé (Emrich et autres, 2020). En outre, les personnes âgées sont plus susceptibles de souffrir d'isolement social, ce qui réduit leur accès aux mécanismes d'adaptation non financiers et au soutien social en cas de catastrophe (Oulahen et autres, 2015a).</p>
<p>Lecture complémentaire : Adams et autres, 2020; Al-Baldawi et autres, 2021; Aldrich et Benson, 2008; Arshad et autres, 2020; Bjarnadottir et autres, 2011; Burton et autres, 2016; Burton et Cutter, 2008; Chakraborty et autres, 2020; Cutter et Smith, 2009; Emrich et autres, 2020; Fulton et Drolet, 2018; Gutman, 2007; Jensen, 2021; Lowe et autres, 2013; Manuel et autres, 2015; McDonald-Harker et autres, 2021; Morris et autres, 2018; Oulahen et autres, 2015a; Scannell et autres, 2017; Tapsell et autres, 2010</p>		
<p>Sexe</p> <p>Lien avec des facteurs économiques, la violence sexiste, les normes sociétales en ce qui a trait aux sexes et des facteurs de risque comme la grossesse</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Santé physique et sécurité ▪ Résultats en matière de santé mentale ▪ Accès aux ressources/insécurité économique 	<p>Les catastrophes sont souvent liées à une augmentation de la violence sexiste en raison de facteurs comme l'exacerbation des inégalités entre les sexes, l'augmentation du stress communautaire et familial, l'instabilité socio-économique, les perturbations des services sociaux et de santé essentiels et l'insécurité alimentaire (van Daaelen et autres, 2022; Ballard et Thompson, 2013).</p>
<p>Lecture complémentaire : Ballard et Thompson, 2013; Bjarnadottir et autres, 2011; Burton et autres, 2016; Fondation canadienne des femmes, 2022; Dancause et autres, 2015; Enarson, 1999 a et b; Enarson et Scanlon, 1999; Haney et Gray-Scholz, 2019; Milnes et Haney, 2017; Vasseur et autres, 2015; van Daaelen et autres, 2022; Walker et autres, 2022</p>		

Variable :	Types de répercussions :	Un exemple :
<p>Origine raciale ou ethnique</p> <p>Peuples autochtones, minorités visibles (c'est-à-dire les personnes de couleur)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accès aux ressources/insécurité économique ▪ Exposition ou susceptibilité accrue aux inondations ▪ Mobilité ▪ Santé physique et sécurité ▪ Résultats en matière de santé mentale ▪ Qualité du logement 	<p>Les populations autochtones présentent déjà des disparités en matière de santé par rapport aux populations non autochtones du Canada, en particulier dans les communautés nordiques, en raison de problèmes systémiques liés à la colonisation. Ces disparités sont liées à l'accès limité aux services de santé, aux infrastructures de logement inadéquates et à l'eau insalubre — autant d'inégalités sociales et sanitaires préexistantes qui sont souvent exacerbées lors d'une catastrophe (Furgal et Seguin, 2006).</p>
<p>Lecture complémentaire : Ballard et Thompson, 2013; Bjarnadottir et autres, 2011; Buckland et Rahman, 1999; Chakraborty et autres, 2021; Collins et autres, 2018; Furgal et Seguin, 2006; Kant et autres, 2013; Martin et autres, 2017; McKenzie et autres, 2016; NCCPH et autres, 2021; Reading et Wien, 2009; Statistics Canada, 2017a; Thompson et autres, 2014; Walker et autres, 2022; Waldram 1988; Wilson et MacDonald, 2010; Yumagulova, 2020</p>		
<p>Santé et situations de handicap</p> <p>Présence de problèmes de santé mentale ou physique préexistants, de maladies chroniques ou de situations de handicap</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accès aux ressources/insécurité économique ▪ Mobilité ▪ Santé physique et sécurité ▪ Résultats en matière de santé mentale 	<p>Les problèmes de santé mentale préexistants peuvent limiter la capacité des personnes à faire face aux aléas naturels majeurs. Le stress psychosocial subi pendant et après une catastrophe peut exacerber les problèmes de santé mentale préexistants ou entraîner de nouveaux problèmes liés aux morbidités post-inondation (Agyapong et autres, 2022; Burton et autres, 2016).</p>
<p>Lecture complémentaire : Agyapong et autres, 2022; Alderman et autres, 2012; Burton et autres, 2016; Caroll et autres, 2009; Chakraborty et autres, 2020; Goldmann et Galea, 2014; Hayes et autres, 2020; Heagele et Pacquiao, 2019; Mao et Agyapong, 2021; McKeen et Slatnik, 2022; Mensah et autres, 2005; Morris et autres, 2018; NCCPH et autres, 2021; Oulahen et autres, 2015b; Owusu et autres, 2022; Runkle et autres, 2012; Sahni et autres, 2016; Tapsell et Tunstall, 2008</p>		
<p>Statut d'immigrant</p> <p>Nouveaux arrivants au Canada, immigrants récents</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accès aux ressources/insécurité économique ▪ Obstacles à la communication 	<p>Les non-anglophones sont confrontés à des barrières linguistiques qui rendent difficiles l'accès aux communications relatives à la gestion des urgences et la compréhension de ces communications (Oulahen et autres, 2015a; Emrich et autres, 2020).</p>
<p>Lecture complémentaire : Chakraborty et autres, 2020; Drolet et autres, 2015; Emrich et autres, 2020; Oulahen et autres, 2015a</p>		

Variable :	Types de répercussions :	Un exemple :
<p>Emplacement</p> <p>Communautés rurales, isolées et nordiques, quartiers mal servis</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accès aux ressources/insécurité économique ▪ Mobilité ▪ Qualité du logement ▪ Déficits en matière d'infrastructures ▪ Obstacles à la communication ▪ Capacité/services disponibles limités 	<p>Les communautés rurales et isolées ont tendance à éprouver beaucoup plus de difficultés que les régions urbaines en ce qui concerne les voies d'accès en cas d'urgence, les déficits d'infrastructures et la capacité en matière de services d'urgence, ce qui ralentit les délais d'intervention et de rétablissement en cas de catastrophe (Houghton et autres, 2017; RHIH, 2022).</p>
<p>Lecture complémentaire : Cole et Murphy, 2014; Davis et autres, 2010; Furgal et Seguin, 2006; Houghton et autres, 2017; Myhre et autres, 2017; RHIH, 2022; Russo et autres, 2021; Wall et Marzall, 2007</p>		
<p>Type de logement</p> <p>Personnes vivant dans de vieux bâtiments ou dans certains types de logements</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualité du logement ▪ Exposition/susceptibilité accrue aux inondations 	<p>L'étendue des dommages causés aux logements par les inondations est influencée par les codes et les normes de construction, qui ont varié au fil du temps; ainsi, la période de construction et les caractéristiques structurelles d'un bâtiment peuvent influencer sur les résultats des catastrophes (Hamideh et autres, 2021).</p>
<p>Lecture complémentaire : Chakraborty et autres, 2020; Hamideh et autres, 2021; Highfield et autres, 2014; Oulahen et autres, 2015a; Pal, 2002; Walker et autres, 2022</p>		

3 | INTRODUCTION À LA RECHERCHE EN MATIÈRE D'IVS ET À SON APPLICATION

Que sont les indices de vulnérabilité sociale (IVS)?

Comme il est expliqué plus haut, la vulnérabilité sociale peut indiquer un besoin de ressources avant, pendant et après un choc, par exemple en cas de crise de santé publique ou de catastrophe due à un aléa naturel (Wisner, 2004). Une approche pour l'évaluation de la vulnérabilité sociale consiste à utiliser un IVS. Les IVS sont des outils empiriques qui combinent des variables pour mesurer la vulnérabilité relative d'un sous-ensemble précis de la population au sein d'un périmètre géographique défini. On peut ensuite combiner les variables dans une formule, cartographiée en tant que représentation géospatiale de la vulnérabilité relative, afin de faciliter les comparaisons avec d'autres zones, comme des quartiers, des collectivités, des provinces ou des pays.

Les IVS combinent les variables socio-économiques qui ont une incidence directe ou indirecte sur la vulnérabilité d'un individu ou d'un ménage au moyen de données indirectes. L'analyse permet d'obtenir des notes numériques, qui sont classées selon trois niveaux de vulnérabilité : faible, modérée et élevée. L'établissement d'un IVS à l'aide des données du recensement national facilite la prise de décision, du niveau local (avec des notes de vulnérabilité sociale relative au sein d'une communauté donnée) au niveau national (différenciation entre les zones d'un pays).

Recherche fondamentale sur les IVS aux États-Unis

Les fondements théoriques et méthodologiques des IVS ont pris forme au sein des sciences sociales dans les années 1960 et 1970, lorsque la recherche sur les variables sociales et leur application à la politique sociale a vu le jour (Duncan, 1969 et 1984; Land, 1983; Land et Spilerman, 1975; Smith, 1973; Smith, 1981 — citation dans Cutter et autres, 2003). Cutter a redéfini le rôle de la vulnérabilité dans le domaine de la RRC et des risques environnementaux en tant que fonction dynamique du temps, du lieu et des personnes, tandis que Hewitt et Burton (1971) et Cutter (1996) ont mis au point un *modèle d'aléas liés au lieu*. Ce modèle illustre les liens complexes et imbriqués entre les aléas potentiels, le contexte géographique, la vulnérabilité biophysique et la vulnérabilité sociale, le tout dans le cadre de la vulnérabilité, des risques et de l'atténuation des aléas en fonction du lieu. Ce faisant, Cutter (1996) a avancé l'idée que **le risque est tout autant le produit de facteurs socio-économiques et démographiques que le résultat des aléas et de l'emplacement géographique**.

L'un des IVS fondamentaux est l'indice développé par Cutter et autres (2003) pour les États-Unis au moyen de données socio-économiques au niveau des comtés. L'IVS 2003 de Cutter et autres a fourni un cadre méthodologique pour le calcul et

la cartographie des vulnérabilités relatives (**Cutter et Finch, 2008**). Depuis cette étude, les IVS sont devenus plus courants, les agences publiques, les universitaires et les organismes de recherche les utilisant pour produire des cartes destinées à la préparation aux situations d'urgence, à l'adaptation climatique, à l'atténuation des risques et à l'allocation équitable des ressources publiques afin de promouvoir la résilience face aux catastrophes dans le monde entier. Avec Susan Cutter de l'Université de Caroline du Sud, le **Hazards Vulnerability & Resilience Institute** a dirigé les travaux sur les données, les méthodes et les applications en matière d'IVS. L'institut offre une formation sur un IVS fondé sur 29 variables socio-économiques du Bureau of the Census des États-Unis de 2010 à 2014, comme la structure familiale, les barrières linguistiques, la disponibilité d'un véhicule et les invalidités médicale (**HVRI, s.d.**)

Aux États-Unis, les IVS ont été utilisés à différentes échelles comme outils d'aide à la décision pour la détermination de la distribution spatiale des conditions socio-économiques qui influencent toutes les phases du cycle des catastrophes (atténuation, préparation, rétablissement et réponse). À titre d'exemple d'application post-catastrophe au niveau local, Flanagan et autres (**2011**) ont développé un IVS au niveau du secteur de recensement en utilisant 15 variables pour étudier l'incidence de l'ouragan Katrina, donnant un aperçu de la manière dont on peut utiliser un IVS dans les cadres de gestion des urgences et des risques d'inondation.

Un autre cadre d'IVS important utilisé aux États-Unis a été développé par le Centre for Disease Control (CDC). Le Geospatial Research, Analysis & Services Program de l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) a permis de développer un IVS pour Guam au moyen de 16 variables issues des données du recensement de 2010 afin de cerner les zones ayant le plus besoin d'une aide d'urgence (par exemple, des abris) avant, pendant et après un aléa. Les cartes ont été conçues pour aider les populations vieillissantes, en situation d'invalidité et ne parlant pas la langue nationale dans le cadre des plans d'évacuation (**Paulino et autres, 2021**). D'autres chercheurs et organisations ont appliqué la méthodologie du CDC/de l'ATSDR pour comprendre les comportements et conditions présentant des risques pour la santé, y compris la grossesse chez les adolescentes (**Yee et autres, 2019**), chronic health conditions (**Nguyen et autres, 2019**), physical inactivity (**An et Xiang, 2015**), obesity (**Martins de Freitas et Moraes, 2016**), and, more recently, coronavirus (**Biggs et autres, 2021**).

En résumé, de nombreux IVS sont actuellement affinés et utilisés aux États-Unis dans les domaines des aléas environnementaux et de la RRC, à la suite des travaux de Cutter et autres (**2003**) et de leurs collègues, et d'autres IVS sont en train d'émerger en tant que ramifications de l'IVS du CDC/de l'ATSDR à des fins de RRC et de santé.

Recherche fondamentale sur les IVS dans le contexte canadien

Les IVS ne mesurent généralement pas la vulnérabilité à un aléa naturel extrême particulier, mais indiquent plutôt la répartition spatiale des personnes susceptibles d'être vulnérables à un choc sociétal. Cependant, certains IVS ont été expressément développés pour contribuer à la compréhension des risques d'aléas liés à certains types d'urgences et de résultats en matière de santé. Par exemple, Environics a développé un IVS (s.d.) pour permettre de cerner les Canadiens confrontés à des difficultés pendant et après une pandémie en raison de problèmes de santé mentale ou de réseaux sociaux limités. Dans ce cas, les variables sont propres à la mobilisation communautaire des individus, à l'estime de soi et aux problèmes de santé mentale préalablement signalés. Cet IVS a facilité l'analyse des obstacles rencontrés par les citoyens jeunes ou célibataires, les nouveaux arrivants et les citoyens vieillissants (Andrew et Keefe, 2014), qui ne disposent pas nécessairement des réseaux communautaires essentiels au soutien des personnes atteintes de problèmes de santé mentale (Environics Analytics, s.d.).

Des chercheurs et des praticiens du Canada et des États-Unis ont utilisé des variables autres que celles provenant directement d'ensembles de données disponibles au niveau national pour établir des indices socio-économiques. Chang et autres. (2015) ont développé un indice permettant de comparer les profils de vulnérabilité des collectivités en fonction de variables d'exposition (par exemple, l'intensité de l'aménagement foncier) et de sensibilité (par exemple, les caractéristiques des bâtiments et les variables démographiques), avec un prototype démontrant son utilisation pour les collectivités côtières de la Colombie-Britannique. Cet indice, appelé *Hazard Vulnerability Similarity Index*, utilise plusieurs types de données : des indicateurs binaires, des variables catégorielles nominales ou ordinales (par exemple, catégories élevée, moyenne et faible) et des variables continues (par exemple, mesurées sous forme de pourcentage de la population) (Chang et autres., 2015 et 2018).

Ressources naturelles Canada (RNCAN) a développé un IVS (CanSVM) avec des données de recensement dans le cadre d'un indice nommé *Integrated Hazard Threat Index* (HTI) pour les praticiens de la gestion des urgences (voir Journey et autres, 2022). Bien que ce modèle ait été utilisé pour l'évaluation des menaces liées aux tremblements de terre et aux tsunamis au niveau national, il peut être appliqué à d'autres aléas et échelles spatiales. RNCAN fait la distinction entre les déterminants sociaux et physiques de la menace, un IVS et un indice de susceptibilité physique (ISP) étant combinés pour l'obtention de l'indice HTI. L'ISP représente l'interaction entre a) l'exposition physique et b) l'intensité de l'aléa et les dommages potentiels. Ici, on détermine la vulnérabilité sociale au moyen des variables qui composent le « tissu social » de la collectivité afin d'évaluer les facteurs sous-jacents qui contribuent aux conditions de vulnérabilité sociale au sein d'un quartier donné (Journey et autres 2022, page 5). Pour chacun des quatre profils de vulnérabilité (capital social,

autonomie individuelle, conditions de logement et agence financière), cinq variables sont indiquées relativement à l'aménagement foncier et au type d'habitations (métropolitaines, rurales et éloignées; densité de population).

Les IVS qui cartographient la vulnérabilité à des aléas particuliers demeurent rares. L'une des façons d'élaborer des IVS pour des aléas et des circonstances particuliers est d'adopter une approche mobilisant les parties prenantes. Cela peut impliquer de demander l'avis des praticiens locaux, qui choisissent et attribuent des poids aux variables utilisées pour l'établissement de l'IVS (**Oulahen et autres 2015a**). Chang et autres (**2020**) ont adopté une autre approche, en comparant les données sur l'existence et les types d'outils de gestion des risques d'inondation côtière adoptés par les gouvernements, ainsi que sur les raisons pour lesquelles les gouvernements utilisent ces outils, à une évaluation de la vulnérabilité aux aléas basée sur des données de recensement. La contribution d'experts locaux renforce la légitimité de l'IVS grâce à l'intégration de considérations propres au contexte, et on peut la combiner à un processus connu sous le nom de **vérification sur le terrain** pour améliorer l'applicabilité de l'analyse en validant les résultats par rapport aux réalités locales. Bien qu'elles ne s'inscrivent pas dans le cadre du présent rapport, l'élaboration et l'expérimentation de stratégies de mobilisation communautaire pour la personnalisation des IVS et des cartes des risques d'inondation à l'aide de sources de données locales et participatives pourraient constituer une prochaine étape de cette recherche.

Un IVS national développé par Chakraborty et autres (2020)

Chakraborty et autres (**2020**) ont conçu le premier cadre de recherche et de méthodologie pour un IVS national au Canada. Cet IVS, ci-après appelé « **IVS 2020** », est le plus complet et le plus représentatif au niveau national à ce jour. Fondé sur les données du recensement de 2016, l'IVS 2020 comprend 49 variables mesurant les conditions de privation sociale et d'instabilité économique contribuant à la vulnérabilité. L'étude a comparé les vulnérabilités sociales dans les secteurs de recensement (SR) à l'échelle du Canada et a examiné les applications pratiques de l'IVS en tant qu'outil d'aide à la décision dans le cadre des évaluations des risques d'inondation à l'échelle nationale.

L'IVS 2020 ne présente aucune différence fondamentale par rapport aux IVS mentionnés précédemment en ce qui a trait à la définition, à l'analyse et à la cartographie de la vulnérabilité aux aléas naturels. Les différences touchent principalement le nombre de variables choisies, les variables propres au contexte utilisées, les personnes décidant des variables utilisées et de la façon dont elles sont utilisées, les méthodes de calcul et l'échelle d'analyse. Deux distinctions à noter:

- (1) Bien que des analyses à l'échelle nationale aient été menées aux États-Unis (par exemple, **Cutter et autres, 2013**; **Tate et autres, 2021**), l'élaboration d'IVS au Canada a, jusqu'à récemment avec l'étude de Chakraborty et autres (2020) et les travaux de RNCan (**Journey et autres 2022**), été principalement axée sur l'analyse à l'échelle municipale, entre autres pour des régions métropolitaines (e.g., **Oulahen, 2016**; **Chang et autres, 2015**).
- (2) Chakraborty et autres (2020) se sont penchés sur des indices de privation pour l'instabilité des quartiers et l'insécurité économique (par exemple, en combinant des variables comme le revenu des ménages et la valeur du logement pour obtenir une indication de la richesse). L'utilisation de ces sous-indices dans un IVS renforce l'idée que plus un quartier ou une communauté est défavorisé, moins il y a de ressources sociales et financières disponibles pour la préparation aux catastrophes et les activités d'atténuation des risques, ce qui accroît la vulnérabilité sociale. Ces considérations renforcent la fiabilité des notes de l'IVS 2020.

En quoi un IVS peut-il être utile dans le cadre de la prise de décision fondée sur l'équité?

Les données qui représentent la vulnérabilité sociale des personnes face aux aléas naturels peuvent fournir des renseignements sur les considérations en matière d'**équité** dans le cadre de la planification des stratégies d'atténuation des risques. Les évaluations traditionnelles des risques, qui sont axées sur les estimations des dommages économiques et des pertes de vies humaines, ont tendance à négliger la façon dont les répercussions d'un aléa sont réparties de manière inégale entre les groupes de personnes (**Koks et autres, 2015**). C'est pourquoi les approches de gestion des risques d'inondation ont généralement visé à trouver la voie économiquement optimale pour réduire les dommages aux biens autant que les contraintes financières le permettent (**Kind et autres, 2020**). Cependant, les personnes disposant de moins de ressources sociales et économiques sont limitées dans leur capacité à se préparer efficacement aux catastrophes, à y répondre et à s'en remettre (**Wisner et autres, 2004**). Par exemple, les ménages à faible revenu ont moins de garanties économiques, ce qui limite leur capacité à se reloger ou à évacuer leur logement et à investir dans des mesures de préparation et des réparations coûteuses après une catastrophe (**Walker et autres, 2022**). Par conséquent, bien que les réclamations en dommages-intérêts totales des ménages à faible revenu puissent être moins importantes que celles des ménages dont le logement est situé dans un quartier aisé, la capacité de rétablissement globale des ménages à faible revenu est moindre. Les personnes ayant moins d'actifs économiques et de capital social sont donc touchées de manière disproportionnée par les catastrophes, entre autres en ce qui a trait aux déplacements et au remplacement des biens endommagés.

Malgré cette disparité, la propriété de biens (par exemple, immobiliers ou financiers) reste l'une des principales considérations lors de l'élaboration des stratégies traditionnelles d'atténuation des risques d'inondation, en fonction du principe que l'objectif devrait être de réduire les dommages et les pertes de biens économiques. Toutefois, outre la possession d'actifs, divers autres facteurs socio-économiques peuvent influencer la vulnérabilité des individus par rapport aux autres membres de leur collectivité lorsqu'ils sont confrontés à un aléa de même intensité (Fielding et Burningham, 2005; Weichselgartner, 2001). Hence, a SoVI is helpful as one piece of evidence that enables the inclusion of more than purely economic asset-based data in decision-making, which is especially important when assigning finite financial resources (Tate et autres, 2013).

En résumé, les IVS peuvent être utilisés comme outils de prise de décision fondée sur l'équité dans les domaines de l'atténuation des catastrophes, de la gestion des catastrophes et du rétablissement après les catastrophes (Cutter et autres, 2013; de Oliveira Mendes, 2009), ayant été développés pour divers aléas, y compris les inondations (Chakraborty et autres, 2021 & 2022), les sécheresses (Naumann et autres, 2018), les tremblements de terre (Siagian et autres, 2014; Journeay et autres, 2022), et les vagues de chaleur (Lehnert et autres, 2020). Les IVS peuvent aider à déterminer la priorité des zones géographiques comprenant des sous-populations particulières qui pourraient bénéficier d'un soutien réglementaire, éducatif, social ou financier pour se préparer aux aléas, y faire face et s'en remettre. En tant qu'outils d'aide à la décision, les IVS devraient devenir de plus en plus populaires à mesure que la fréquence et la gravité des aléas naturels augmenteront et que les décideurs rechercheront des méthodes facilement interprétables pour prendre en compte de multiples facteurs, y compris l'équité, dans le cadre de l'élaboration des politiques et des programmes.

4 | VUE D'ENSEMBLE DE L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE

En s'appuyant sur les travaux de Chakraborty et autres (2020, 2021 et 2022), P4A a développé pour la Croix-Rouge canadienne un nouvel IVS qui peut être combiné à des données sur les aléas pour des évaluations complètes des risques prenant en compte les facteurs sociaux, fonciers, culturels, économiques et associés aux aléas. L'IVS développé par P4A pour ce projet est méthodologiquement similaire à celui de Chakraborty et autres (2020), —mais compte moins de variables en fonction de l'accessibilité des ensembles de données publics. L'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne est méthodologiquement solide et statistiquement robuste; il prévoit la vérification et la mise à l'essai des hypothèses de l'analyse des composantes principales (ACP) avant l'exécution de l'ACP, ainsi que la validation a posteriori des résultats fondés sur l'ACP pour une plus grande précision. Comme ces analyses sont souvent absentes de la littérature, le présent rapport offre des conseils sur la réalisation de tests de robustesse.

P4A visait à accéder aux 49 variables cernées dans l'IVS 2020 au niveau de l'aire de diffusion (AD); cependant, seules 27 variables accessibles au public ont été testées avec succès en vue de leur inclusion dans l'IVS. Même avec un nombre réduit de variables, l'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne intègre toujours des variables conformes à la littérature sur la vulnérabilité sociale.

L'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne a été calculé à l'aide d'une combinaison pondérée de composantes principales. Cette méthode axée sur les données permet de déduire les propriétés statistiques des données de l'échantillon en accordant plus d'importance aux variables qui contribuent davantage à la variance totale de l'ensemble des données. L'attribution de poids aux variables en fonction de leur proportion relative est une méthode statistiquement solide et empiriquement robuste, qui réduit le plus possible l'effet des préjugés sur le processus de calcul de l'indice.

Ce qui suit est une description de cet IVS en ce qui a trait à ses variables et composantes, le motif de la sélection de ces variables et le processus d'établissement de l'IVS et de cartographie des notes connexes. La **Figure 1** indique les trois phases principales de l'établissement de l'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne : 1) la collecte et la préparation des données, 2) l'analyse et le calcul, et 3) la diffusion géospatiale. La section suivante présente une description de chaque phase, tandis que l'**annexe B** contient une ventilation technique étape par étape. Veuillez vous référer aux publications de Chakraborty et autres (2020, 2021 et 2022) à l'**annexe C** pour voir la méthodologie détaillée d'établissement d'un IVS et d'application d'une analyse géospatiale des risques d'inondation.

PHASE 1

Collecte de données et préparation

Étape 1.1

Déterminer l'objectif de la création de l'indice



Étape 1.2

Sélectionner des variables d'IVS cohérentes avec la littérature à partir du recensement national



Étape 1.3

Choisir une source de données et télécharger les données



Étape 1.4

Transformer les variables d'entrée



Étape 1.5

Vérifier l'exactitude des données

- 1/ Remplacer** les données manquantes par des valeurs médianes
- 2/ Examiner** les statistiques descriptives
- 3/ Vérifier** le nombre d'habitants (minimum et maximum)



Étape 1.6

Normaliser toutes les variables à l'aide d'une méthode de normalisation (par exemple, la note Z)



PHASE 2

Analyse et calcul

Étape 2.1

Effectuer l'analyse des composantes principales et créer l'indice



Étape 2.2

Réduire la dimensionnalité des variables



Étape 2.3

Recueillir les composantes



Étape 2.4

Pondérer et agréger les composantes



PHASE 3

Distribution géospatiale et diffusion

Étape 3.1

Échelonner les notes d'IVS de 1 (vulnérabilité la plus faible) à 100 (vulnérabilité la plus élevée)



Étape 3.2

Classer les notes d'IVS définitives à l'aide d'un système de classification par écart-type pour la cartographie de la vulnérabilité et la représentation géospatiale



Étape 3.3

Visualiser et cartographier les notes d'IVS à l'aide d'une symbologie de couleurs graduées et d'un logiciel basé sur un système d'information géographique (SIG)

Figure 1 : Étapes de l'établissement de l'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne (adaptées de **Chakraborty et autres, 2020**)

5 | GUIDE SUR L'ÉTABLISSEMENT DE L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE

Phase 1: Collecte de données et préparation

Les données publiques pour 27 variables socio-économiques ont été recueillies à partir de la base de données du recensement de 2016 de Statistique Canada. Ce sous-ensemble de variables, dérivé des 49 variables originales de Chakraborty et autres (2020) pour l'IVS 2020, a été choisie pour les raisons suivantes : a) les 49 variables n'étaient pas toutes accessibles au public; b) certaines erreurs ont été repérées lors de l'utilisation d'ensembles de données particuliers (ces erreurs n'ont pas pu être résolues parce que les renseignements sur l'échantillon n'étaient pas accessibles au public); et c) certains ensembles de données n'étaient pas disponibles au niveau de l'AD, qui est le niveau spatial visé dans le cadre de cette recherche.

L'IVS 2020 a utilisé des données provenant de l'un des centres de données de recherche (CDR) de Statistique Canada; cependant, la plupart des gens ne peuvent pas accéder aux données des CDR en raison des mesures strictes de confidentialité et de protection de la vie privée, qui comprennent un processus de demande rigoureux et une habilitation de sécurité. En outre, les microdonnées de recensement basées sur les CDR ne permettent pas d'obtenir des résultats vérifiés au niveau de l'AD, qui a été utilisée comme échelle d'analyse dans le cadre de cette recherche pour la Croix-Rouge canadienne.

Les données du recensement ont été obtenues auprès de l'Analyseur de recensement canadien (CHASS), une source de données publique permettant de télécharger les données au niveau des AD. Ces données répondent aux exigences analytiques au niveau des AD, et les variables sélectionnées représentent les conditions socio-économiques et démographiques de la vulnérabilité (par exemple, les caractéristiques culturelles, économiques et de l'environnement foncier) au sein des AD à l'échelle du Canada.

L'**annexe D** offre une liste complète des variables choisies et des raisons pour lesquelles elles ont été choisies, tandis que le **tableau 2** compare trois approches différentes pour l'établissement d'un IVS en fonction de l'accessibilité des données, des critères de sélection des variables et de l'échelle d'analyse choisie.

Après la sélection et la cueillette des données socio-économiques requises, on a calculé les valeurs de chaque variable en suivant plusieurs étapes, dont la normalisation des données, la vérification de leur fiabilité et la suppression des valeurs manquantes ou leur remplacement par les valeurs moyennes. Une fois ces étapes achevées et les données prétraitées préparées, on a utilisé les valeurs des variables lors de la phase de calcul de l'établissement de l'IVS.

IVS 2020 développé par Chakraborty et autres	IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne développé par Partners for Action	Autre option pour l'établissement des IVS futurs
On a obtenu les données par l'entremise des Centres de données de recherche (CDR) de Statistique Canada; certaines ne sont pas accessibles au public et nécessitent une habilitation de sécurité.	Les données ont été obtenues au moyen du centre de données de l'Analyseur de recensement canadien (CHASS) , qui est réservé aux abonnés de CHASS, dont l'Université de Waterloo.	On peut obtenir les données accessibles au public par l'intermédiaire du Visualiseur des données du Programme du recensement de Statistique Canada. Voir les instructions ci-dessous.
L'indice composé comprend 49 variables. Toutes les variables relatives aux CDR sont présentées avec une population estimée à 100 % à partir du recensement.	L'indice composé comprend un sous-ensemble définitif de 27 variables accessibles au public, dérivées de l'ensemble initial de 49 variables sélectionnées par Chakraborty et autres (2020).	La sélection des variables pour un indice composé dépend de l'objectif du projet, de l'accessibilité des données, de l'échelle géographique et de l'objectif de l'indice.
L'analyse d'IVS a été réalisée à l'échelle nationale et offre des comparaisons des notes de vulnérabilité relative entre les secteurs de recensement, les zones métropolitaines de recensement et les provinces.	L'analyse d'IVS a été réalisée à l'échelle de l'aire de diffusion; elle indique la vulnérabilité relative des aires de diffusion au sein d'une région géographique donnée (par exemple, au sein de la ville de Richmond).	L'analyse d'IVS peut être réalisée à l'échelle géographique souhaitée (par exemple, à l'échelle municipale), à condition que les données recueillies soient cohérentes avec cette échelle.

Tableau 2 : Autres approches pour l'établissement d'un indice de vulnérabilité sociale (IVS)

Accéder aux données du Visualiseur des données du Programme du recensement du Canada

Étape 1 : Sélectionnez l'année de recensement (2016 ou 2021).

Étape 2 : Sélectionnez « Aire de diffusion » sous « Autres niveaux géographiques ».

Étape 3 : Sélectionnez un thème.
Par exemple : « Logement »

Étape 4 : Sélectionnez une variable.
Par exemple : « Taux de propriété du logement (%) »

Étape 5 : Indiquez la région visée par l'analyse
Par exemple : « Richmond, CY [SDR] (C.-B.) »

Étape 6 : Cliquez sur « Définir comme point d'intérêt de l'analyse ».
Dans cet exemple, une carte sera générée pour la SDR de Richmond avec des couleurs graduées en fonction des variables sélectionnées, « Aire de diffusion — Taux de propriété du logement (%) ».

Étape 7 : Sous l'onglet « Tableaux de données », cliquez sur les trois points adjacents à la colonne « Aire de diffusion », puis exportez le tout au format CSV pour télécharger l'ensemble de données correspondant.

Vous pouvez télécharger toutes les variables de recensement disponibles au format CSV pour les régions d'intérêt sélectionnées en suivant cette même procédure.

Lien vers le Visualiseur des données du Programme du recensement : www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/dp-pd/dv-vd/cpdv-vdpr/index-fra.cfm

Phase 2: Analyse et calcul

L'analyse des composantes principales (ACP) est une méthode importante qui permet de réduire la corrélation des variables en formant des composantes (ou facteurs). Chaque composante est constituée de plusieurs variables qui présentent un comportement statistique similaire fondé principalement sur les corrélations entre les variables. En règle générale, les variables fortement corrélées se retrouvent dans les mêmes groupes. Par exemple, si les variables du revenu et du revenu après impôt sont utilisées comme entrées, ces deux variables deviendront une seule composante, puisque l'ACP les reconnaît comme étant fortement corrélées (**Schmidtlein et autres, 2008**). Une corrélation élevée entre ces deux variables signifie que leur montant varie de manière similaire; autrement dit, les unités géospatiales ayant des valeurs élevées pour le revenu ont également des valeurs élevées pour le revenu après impôt.

On peut utiliser des méthodes et critères statistiques divers pour sélectionner les principales composantes de l'analyse. Deux méthodes sont très répandues : **1) le critère de Kaiser (Kaiser, 1958)** et **2) le pourcentage de variance expliquée**. Seules les composantes dont les valeurs propres sont supérieures à 1,0 doivent être sélectionnées lors de l'utilisation de la première méthode. Dans le cadre de la deuxième méthode, on choisit au sein de l'ensemble de données original un seuil de variation, égal à 80 % dans la plupart des cas. Pour en savoir plus sur les méthodes, voir **Bro et Smilde (2014)**, **Ferré (1995)**, **Kaiser (1958)**, **Ringnér (2008)**, et **Wold et autres (1987)**.

Une fois les composantes sélectionnées, on peut utiliser différentes méthodes de pondération et d'agrégation pour combiner les composantes et obtenir les notes d'IVS définitives. Une approche consiste à additionner toutes les composantes sélectionnées, en supposant qu'elles ont des poids égaux; toutefois, une méthode plus fiable consiste à attribuer des poids aux composantes en fonction de la variance qu'elles présentent, puis à agréger ces composantes (**Chakraborty et autres, 2022**; **Schmidtlein et autres, 2008**). L'équipe P4A a utilisé la deuxième approche pour combiner les composantes et estimer l'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne.

Phase 3: Distribution et diffusion géospatiales

Une fois les IVS calculés pour toutes les unités géographiques, l'étape suivante consiste à affecter ces unités à différentes catégories de vulnérabilité — faible, modérée/moyenne ou élevée — et à représenter ces données sur une carte. L'élaboration d'un schéma de classification des notes d'IVS est essentielle pour la représentation géospatiale de la vulnérabilité. Il existe plusieurs approches méthodologiques pour classer les notes d'IVS, y compris les approches à intervalle manuel, à intervalles égaux, à quantiles, à seuils naturels (Jenks), à k-moyennes et à écart-type. La **classification par écart-type** a été utilisée dans le cadre de cette recherche, car cette méthode s'aligne sur la littérature existante et tire parti de la distribution normale des notes d'IVS pour le processus de classification. Dans le cadre de cette méthode, l'algorithme regroupe les AD en fonction de la distance de chaque valeur d'IVS par rapport à la valeur moyenne de l'IVS pour toutes les AD et de l'écart-type de la base de données d'IVS de l'ensemble du pays.

Pour en savoir plus sur l'écart-type et les autres méthodes de classification des données, voir : pro.arcgis.com/fr/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm.

ÉTABLISSEMENT DE L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE

L'équipe P4A a calculé les notes d'IVS des six communautés étudiées pour la Croix-Rouge canadienne dans le cadre de cette recherche :

- (1) Richmond, Colombie-Britannique
- (2) Thompson, Manitoba
- (3) Ottawa-Renfrew, Ontario
- (4) Moose Factory, Ontario
- (5) Ottawa-Gatineau, Ontario
- (6) Baie-St. George, Terre-Neuve-et-Labrador

À la Faculté des Arts et des Sciences de l'Université de Toronto, les chercheurs du P4A ont eu accès aux données d'analyse des AD hébergées par le Centre de données CHASS. Seuls les abonnés enregistrés, dont ceux de l'Université de Waterloo, ont accès aux serveurs de la base de données de recensement de Centre. En l'absence de cette restriction, les données d'analyse auraient été limitées au secteur de recensement. Nous avons principalement porté notre attention sur les AD, cette unité géographique que Statistique Canada utilise fréquemment pour présenter des informations au niveau du quartier. L'indice final a ensuite servi à classer en trois catégories de vulnérabilité sociale (faible, modérée et élevée) les six communautés étudiées, qui ont ensuite fait l'objet d'une analyse au niveau de l'AD. Afin d'illustrer les notes d'IVS pour les communautés à l'étude, nous avons élaboré des cartes statiques et dynamiques (Web, interactives). La **figure 2** montre des représentations visuelles

de la vulnérabilité sociale relative pour les six zones à l'étude au Canada. Pour en savoir davantage sur les aspects techniques de la production des cartes Web, veuillez consulter le guide à l'**annexe E**. L'**annexe F** montre une représentation visuelle de la hiérarchie des régions géographiques normalisées de Statistique Canada pour le Recensement de 2016.

UTILISATIONS

- L'IVS permet de répertorier les régions potentiellement vulnérables devant les catastrophes et les aléas naturels à l'échelle locale (par exemple une collectivité) en fonction des données du recensement qui sont la manifestation des aspects socio-économiques, démographiques, culturels et du cadre bâti (**Chakraborty et autres, 2021**).
- Il est essentiel de souligner, dans l'examen des données d'analyse et la communication des résultats, qu'une note d'IVS offre une mesure relative de la vulnérabilité sociale. En d'autres termes, *les résultats mettent en exergue une vulnérabilité pouvant être qualifiée de faible, modérée ou élevée par rapport à d'autres régions dans un cadre géographique précis*.
- L'utilisation d'un IVS, conjuguée à une analyse des aléas, peut se révéler utile pour l'évaluation et la planification des risques environnementaux régionaux, compte tenu de considérations liées à l'équité (**Chakraborty et autres, 2020**).
- L'IVS, en tant qu'instrument d'aide à la réduction des risques liés aux catastrophes, peut faciliter pour les décideurs et les coordonnateurs la répartition des ressources et le renforcement des capacités, à partir de considérations liées à l'équité (**Wood et autres, 2021**).

LIMITES

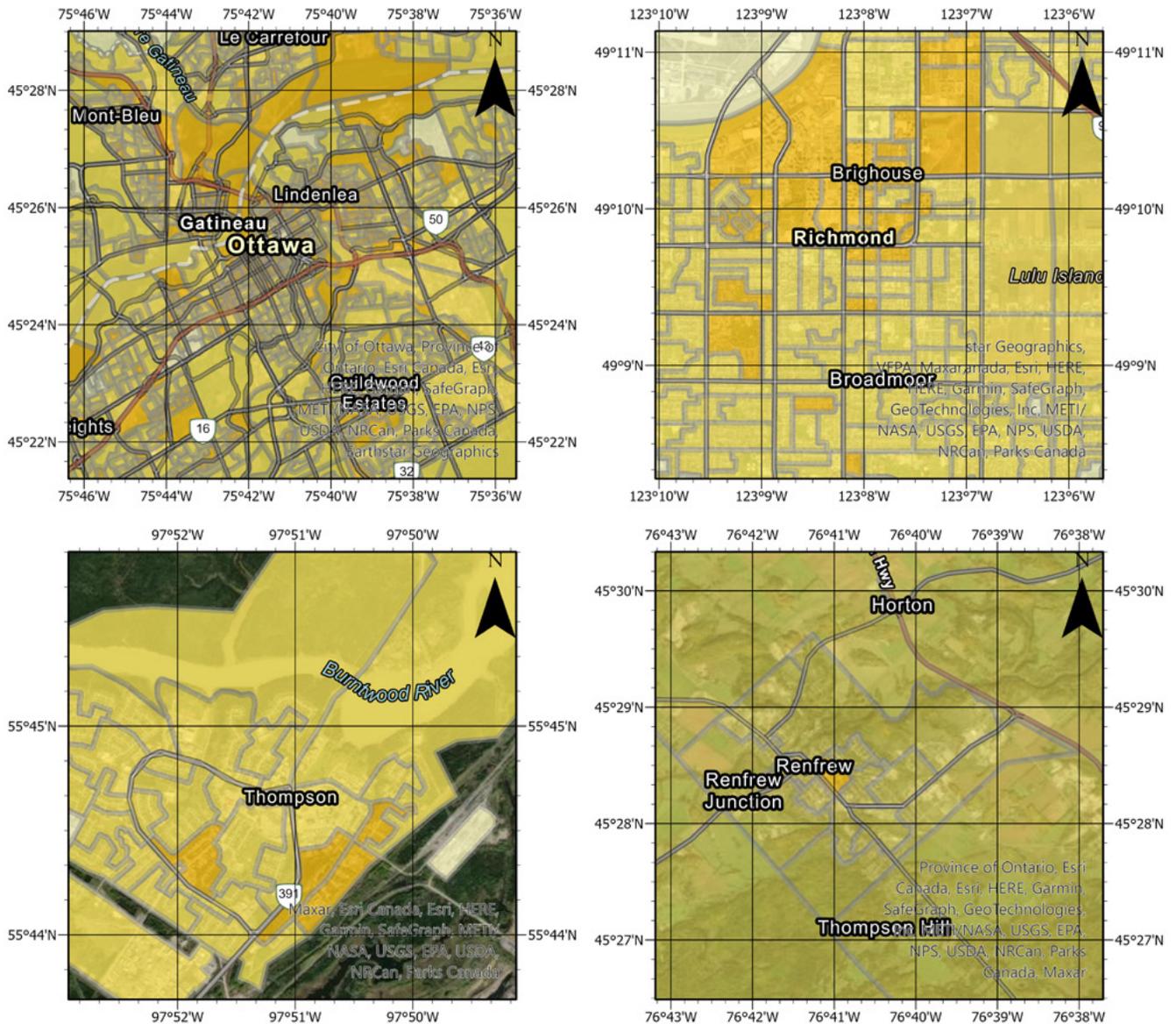
- Il convient de souligner que si la délimitation géographique de l'analyse de l'IVS change, les résultats s'ajustent en conséquence, étant donné que les notes de l'IVS démontrent la vulnérabilité sociale *relative* en fonction de la limite fixée.
- Certaines données du recensement national qui ont servi à établir l'IVS de 2020 n'étaient pas accessibles au public pour les communautés étudiées par cette recherche au niveau de l'AD; au lieu de cela, l'IVS de la Croix-Rouge canadienne de 2023 est fondée sur 27 variables disponibles déterminantes sur le plan méthodologique et conformes à la littérature (*voir la section 5, étape 1*).
- Un IVS fondé sur les données de recensement n'inclut pas tous les aspects contribuant à la vulnérabilité sociale. Des approches qualitatives et centrées sur la communauté offrent des visions détaillées et adaptées au contexte.

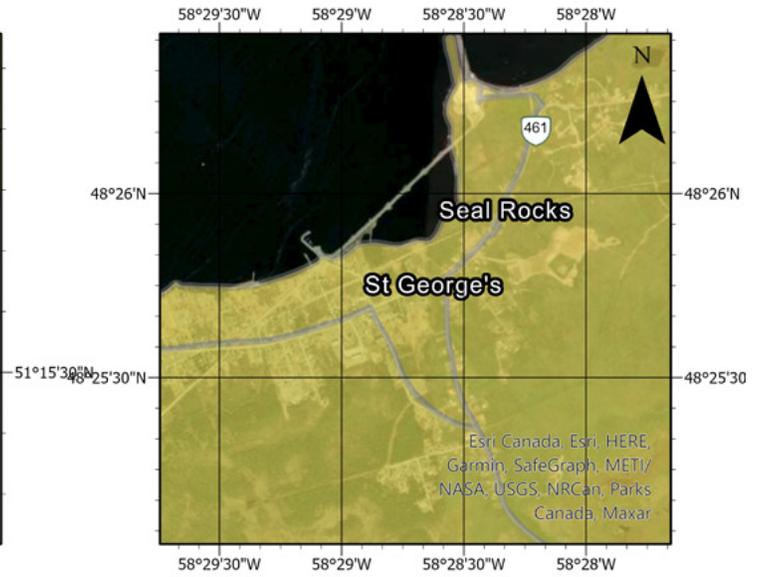
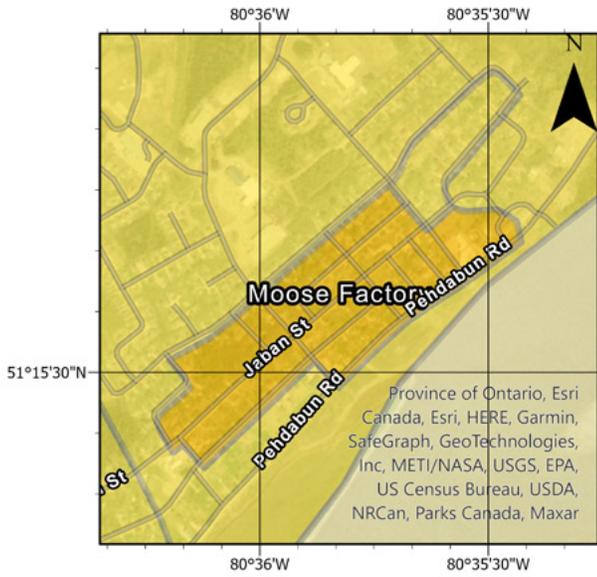
Par exemple, les aléas et les désastres dans le passé ont une incidence sur la capacité des gens à se préparer à une catastrophe, à y faire face et à s'en remettre, mais ces données ne sont pas prises en considération dans un IVS. Parmi les autres variables qui ne sont généralement pas incluses dans l'IVS, mentionnons le pourcentage de la population souffrant d'une incapacité physique ou mentale, la distance par rapport aux services médicaux, les centres de réadaptation par résident, le nombre de voies de sortie par 1 000 habitants, la perception du risque, l'expérience préalable, la connaissance des mesures de protection contre les crues, le refus ou l'acceptation des risques et la confiance dans les autorités (Fatemi et autres, 2017).

- Le fait que certaines variables reposent sur un échantillon de 25 %, s'explique par le fait que près d'un foyer canadien sur quatre répond au questionnaire long, tandis que les autres reçoivent le questionnaire court. Étant donné que certaines variables utilisées dans l'IVS sont établies à partir des réponses du questionnaire long, il faut être prudent quand on extrapole ces données à l'ensemble de la population canadienne. Pour en savoir davantage sur les sources de données, la méthodologie et l'exactitude des données de Statistique Canada, référez-vous à Statistique Canada, (2020).
- L'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne était basé sur les données du recensement de 2016, soit l'ensemble de données disponibles au moment où l'analyse a été réalisée. Il serait avantageux de procéder à une mise à jour de l'analyse et des cartes en exploitant les données du recensement de 2021, permettant ainsi une analyse spatiale-temporelle comparative des résultats obtenus en 2016 et 2021 afin de prendre une décision éclairée. Toutefois, au moment de la rédaction du présent rapport, certaines données ne sont toujours pas accessibles au public (p. ex., population autochtone), ce qui implique qu'une analyse utilisant les données de 2021 serait incomplète.
- Les données de recensement collectées cadrent avec les statistiques démographiques à un moment précis. L'intervalle quinquennal entre les périodes de recensement constitue une autre source d'incertitude et de limitation. Les mouvements de population imputables à la COVID-19, à l'embourgeoisement et aux catastrophes naturelles ont accéléré l'évolution des caractéristiques démographiques ces dernières années. Il est donc important de présumer que, bien que les notes d'IVS soient une indication de la vulnérabilité sociale relative à un endroit, il se peut que ces résultats ne cadrent pas avec la réalité actuelle. L'une des façons de remédier à cette limitation consiste à demander à des experts locaux et aux parties prenantes de la place d'examiner les cartes et de donner de la rétroaction pouvant y être intégrée (voir la mention, dans la section 3, des approches communautaires, de la vérification sur le terrain et de la recommandation 3).

Représentations cartographiées de l'IVS 2023 de la Croix-Rouge canadienne pour six collectivités canadienne

Figure 2 : Représentations visuelles de la vulnérabilité sociale relative à l'aide de l'IVS de la Croix-Rouge canadienne de 2023 pour six collectivités au Canada





Indice de vulnérabilité sociale (IVS)

- Élevé ($\text{écart-type} > 1$)
- Modéré ($-1 \leq \text{écart-type} \leq 1$)
- Faible ($\text{écart-type} < 1$)

6 | ANALYSE DU RISQUE DE CRUES EN FONCTION DE LA RÉGION

Justification et aperçu

Alors même qu'on a tendance à utiliser l'exposition aux inondations et les risques de crues de manière interchangeable, l'analyse des risques combine en réalité les aléas et la vulnérabilité. Les vulnérabilités socio-économiques déjà existantes risquent d'être exacerbées par l'exposition répétée à des aléas, qui peut engendrer de nouvelles vulnérabilités parmi les résidents touchés. Par conséquent, la combinaison de ces deux couches spatiales peut aider les décideurs à identifier les zones dont la réhabilitation nécessite des mesures de soutien supplémentaires, ainsi qu'à déterminer comment répartir équitablement les fonds et les autres ressources.

ont déploré l'absence d'évaluation exhaustive des risques de crues pour le Canada au moyen d'une méthodologie qui intègre les notes d'IVS et les données sur ces risques. Les auteurs ont combiné l'IVS à l'échelle nationale avec les données nationales sur les inondations, dûment homologuées par JBA Risk Management. Ces travaux ont été déterminants dans la conjoncture canadienne, parce qu'ils ont démontré qu'il fallait intégrer une analyse de la vulnérabilité sociale dans les évaluations des risques d'aléa plutôt que de considérer l'IVS comme un outil d'aide à la décision à part.

L'étude en question a porté sur les zones sujettes aux inondations, classées en fonction de trois catégories d'inondation : les inondations fluviales, les inondations pluviales et les inondations côtières.

- **Inondations fluviales/inondations *riveraines*** ou en bord de rivière : conditions dans lesquelles un cours d'eau, qu'il s'agisse d'une rivière, d'un ruisseau ou d'un lac, submerge les terrains adjacents (**Sandink et autres, 2016**). Les inondations fluviales sont principalement dues à de fortes précipitations, à la fonte des neiges et aux embâcles.
- Les **inondations pluviales** sont causées par des précipitations extrêmes, que le système de drainage urbain ne parvient pas à évacuer assez rapidement, ce qui provoque une inondation de surface ou une crue éclair (**Rözer et autres, 2016**).
- Les inondations côtières font référence à l'inondation de terres par l'eau de mer, causée par l'élévation du niveau de la mer et les surcotes, entre autres facteurs (**Hinkel et autres, 2014**).

L'ensemble de données sur les inondations 2020 de JBA Risk Management a été obtenu grâce à un accord de partage de données avec l'Université de Waterloo pour les inondations avec une probabilité annuelle d'occurrence de 0,01, communément

appelées événements d'inondation une fois tous les 100 ans. Ce taux d'occurrence est une norme réglementaire acceptée presque partout au Canada, qui sert d'événement d'inondation de conception minimale (RNCan et SPC, 2019; SPC, 2022). Les données sur l'exposition aux inondations sont tirées de la base de données de JBA sur les régions non protégées des inondations fluviales (Fluvial-Undefended database), où il est censé n'y avoir aucune mesure de protection contre les inondations (par exemple, bermes, fossés, riprap). C'est la méthode couramment employée par l'industrie de l'assurance pour l'évaluation du risque d'inondation. Elle repose sur l'hypothèse que les protections actuelles seraient submergées en cas d'inondations catastrophiques. La méthodologie employée pour effectuer une analyse de l'exposition aux inondations sera décrite dans les paragraphes suivants, avant que la section 7 n'explique comment la joindre à une analyse de l'IVS afin de déterminer le risque d'inondation.

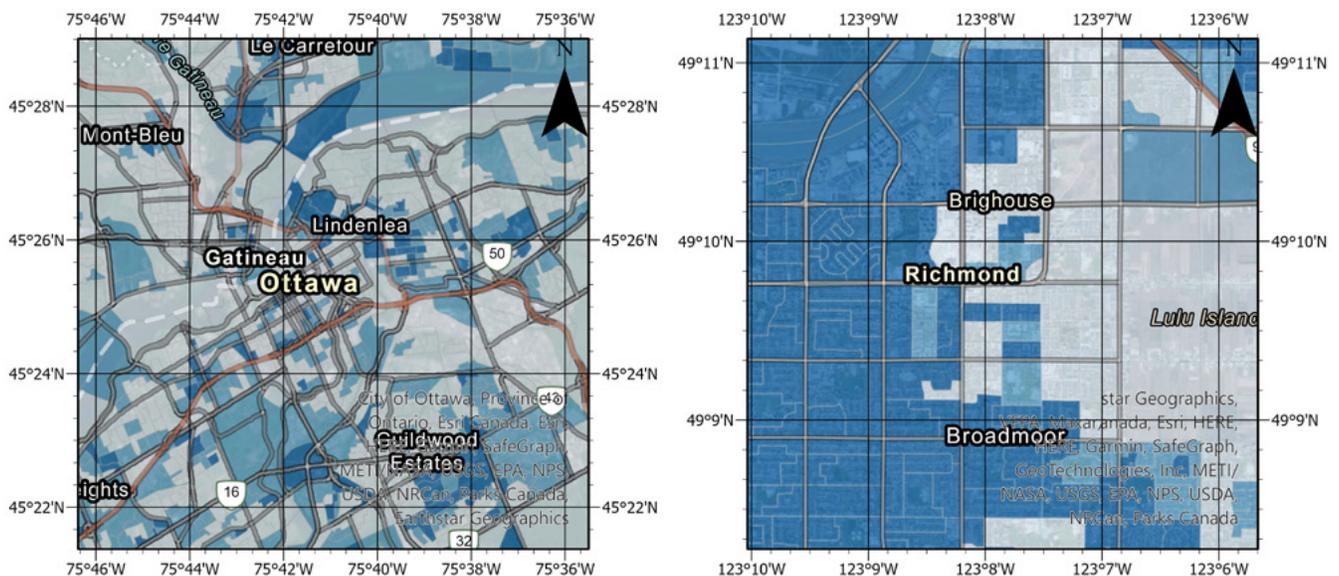
Analyse géospatiale de l'exposition aux inondations

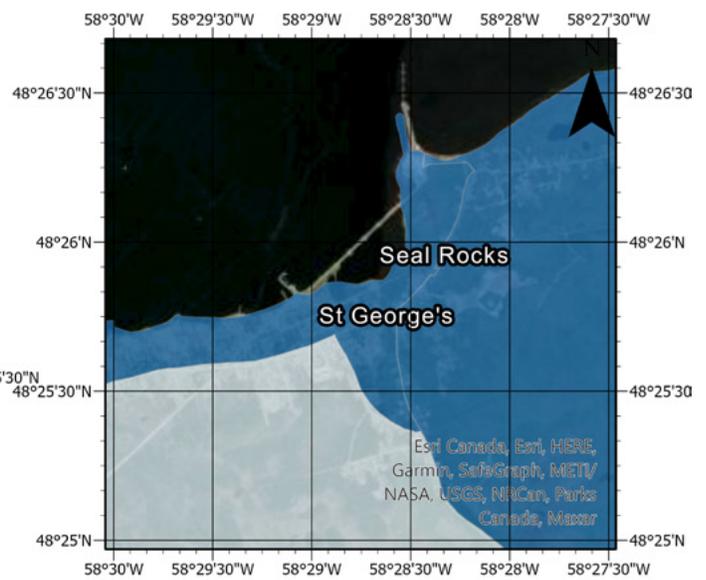
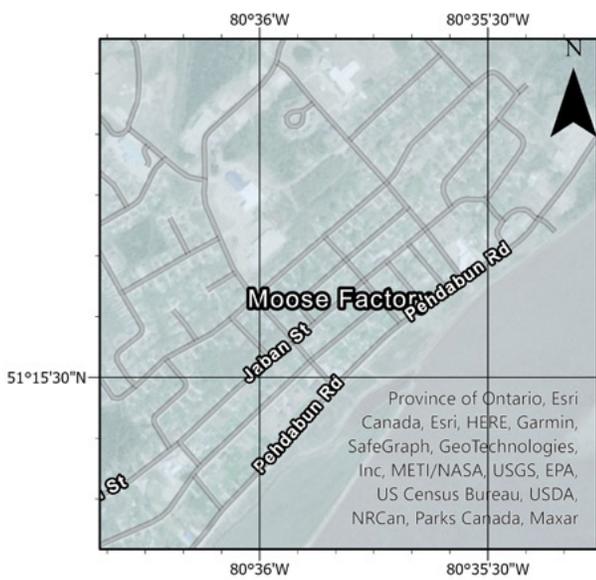
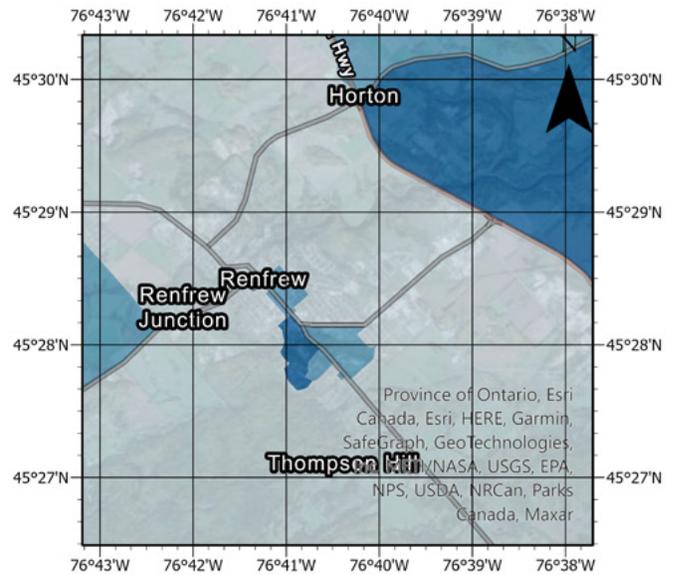
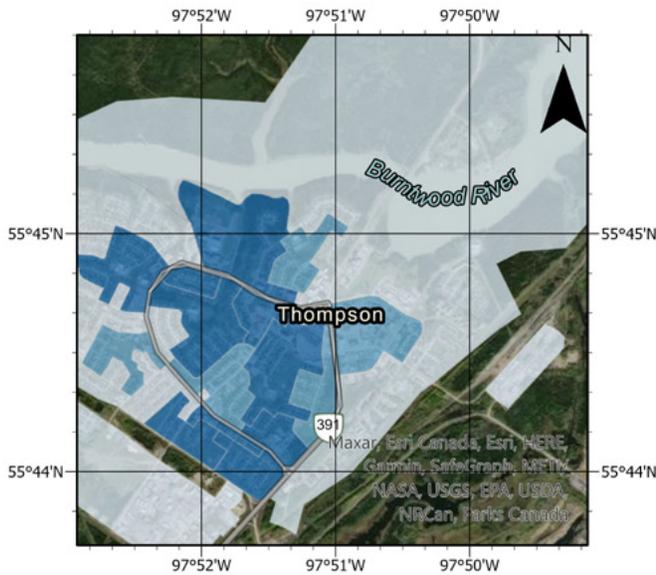
Une fois déterminées les zones sujettes aux inondations dans les communautés étudiées, une analyse de l'exposition physique a été effectuée. La figure 3 illustre l'analyse de l'exposition aux risques d'inondation pour ces six communautés canadiennes.

Exposition physique fait référence aux personnes et aux biens (par exemple, les logements privés et les infrastructures essentielles) touchés par des événements dangereux (PNUD, 2015; GIEC, 2022). Nous avons adopté l'approche prédominante qui se dégage dans la littérature sur l'analyse des risques d'inondation concernant l'exposition, là où la population et les biens résidentiels à risque d'inondation sont dénombrés (Chakraborty et autres, 2021 et 2022; Qiang, 2019). Pour en savoir plus sur cette approche, reportez-vous à Chakraborty et autres (2021 et 2022).

Cartes de l'exposition aux inondations pour six communautés canadiennes

Figure 3 : Représentations visuelles de l'exposition aux risques d'inondation pour six communautés canadiennes





Exposition aux crues pour les résidences

- Faible exposition (écart-type < 0,5)

- Exposition modérée (-0,5 ≤ écart-type < 0,5)
- Exposition élevée (écart-type > 0,5)

UTILISATIONS

- ❑ Les informations sur l'exposition de certains éléments (par exemple, les propriétés résidentielles) aux aléas d'inondation font partie d'une analyse des risques visant à aider à planifier et à hiérarchiser les stratégies d'atténuation des risques d'inondation.
- ❑ Une couche sur l'exposition aux inondations peut fournir des informations nécessaires à la planification de la gestion des urgences, qui peut inclure des systèmes d'alerte précoce de crues et des stratégies d'évacuation.

LIMITES

- ❑ Les données sur les inondations utilisées dans cette analyse proviennent de JBA Risk Management, la seule couche disponible sur les zones inondables au pays. Outre cette couche illustrant les risques d'inondation, l'intégration d'une modélisation régionale des inondations en haute résolution serait profitable (**Chakraborty et autres, 2021**).
- ❑ Cette analyse se fonde sur les données de JBA sur l'étendue des inondations. Des données sur l'intensité et la profondeur des inondations sont aussi disponibles; ces informations seraient utiles à l'analyse de la probabilité des dommages aux infrastructures et aux biens dus à des inondations (**Chakraborty et autres, 2021**).
- ❑ Si les données de JBA tiennent compte des niveaux d'eau des vastes lacs jaugés, elles font abstraction de certains petits plans d'eau non jaugés. La collecte de ces données dans des enquêtes communautaires permettrait d'améliorer l'analyse (**Chakraborty et autres, 2021**).
- ❑ Selon les données historiques, les données sur les inondations ne tiennent pas compte des événements en temps réel ni des projections climatiques. Les changements climatiques modifient les modèles hydrologiques, ce qui induit un certain degré d'incertitude dans les prévisions d'inondation. Plusieurs études utilisent des modèles climatiques (régionaux) à échelle réduite pour étudier les effets de divers scénarios de changement climatique sur la fréquence et l'intensité des inondations (**Arnell et Lloyd-Hughes, 2014; Gaur et autres, 2018; Reguero et autres, 2015; Ukumo et autres, 2022**). Au cours de l'année qui vient de s'écouler, des entreprises de modélisation des inondations comme JBA ont commencé à produire des données haute résolution sur les inondations attribuables aux changements climatiques à l'échelle nationale. Ces données sont appropriées pour la prise de décisions municipales et doivent être intégrées aux études en cours. En l'absence de ces données et de ces modèles, on pourrait appliquer le principe de précaution et envisager d'utiliser des données historiques de crues plus prudentes, telles que des données avec une période de récurrence de 200, voire de 500 ans, plutôt que de 100 ans.

- Les données et l'analyse ne tiennent pas compte des aléas concomitants ou encore interconnectés ou combinés ni des répercussions des projets d'infrastructure à grande échelle. Par exemple, l'exposition et la propension aux inondations peuvent changer de manière significative à la suite de divers événements climatiques comme les incendies de forêt, les glissements de terrain et les canicules. En outre, la mise en œuvre d'infrastructures grises ou vertes (par exemple, bermes, digues) conçues pour l'atténuation des effets des crues devrait réduire l'exposition aux inondations. Pour surmonter ces limites, on peut procéder à une évaluation intégrée des risques multialéas qui tient compte des interactions potentielles des aléas préoccupants et de leurs effets en cascade. Il s'agit d'évaluer la probabilité et les conséquences de plusieurs aléas qui se présentent simultanément ou en cascade. Passez en revue les ressources suivantes pour intégrer les aléas en cascade dans une analyse de l'exposition aux inondations : **Gill et Malamud, 2016**; **AghaKouchak et autres, 2018** et **2020**.

7 | CARTES DES RISQUES D'INONDATION : UTILISATION D'UNE MÉTHODE DE SUPERPOSITION SPATIALE

Les cartes de risque d'inondation en ligne créées permettent d'observer les associations spatiales entre les notes d'IVS et l'exposition aux inondations dans les communautés étudiées. L'objectif était de produire un outil intuitif et facile à utiliser pour interpréter où et comment l'exposition aux inondations et la vulnérabilité sociale se croisent pour indiquer le risque.

La **figure 4** décrit les étapes simples à suivre pour l'analyse de l'exposition aux inondations (étapes 1 et 2) et l'analyse des risques d'inondation (étape 3) afin de produire les cartes en ligne pour cette recherche (voir le **tableau 3** pour les liens).

Étape 1 :

Déterminer la population et le nombre total de propriétés résidentielles dans chaque îlot de diffusion

▶ Étape 2:

Agréger les chiffres de l'étape 1 au niveau de l'aire de diffusion

▶ Étape 3:

Superposer la couche précédente (vulnérabilité sociale) sur la couche d'exposition aux inondations

Figure 4 : Étapes simples pour effectuer une analyse géospatiale de l'exposition aux inondations et du risque d'inondation

Une fois l'analyse de l'exposition aux inondations faite, les notes d'exposition aux inondations se classent en trois catégories (élevée, modérée ou faible), tout comme les notes d'IVS. Une fois les données regroupées en couches distinctes, les notes d'IVS et les informations sur les risques d'inondation sont superposées pour créer des cartes choroplèthes. Chaque couche d'agrégation comprend un maximum de neuf catégories, dérivées de la combinaison de trois classes d'IVS (élevée, modérée, faible) et de trois classes d'exposition aux inondations (élevée, modérée, faible). À chaque classification combinée est ensuite attribuée une couleur, les teintes plus claires représentant un risque plus faible et les plus foncées, un risque plus élevé, comme l'illustre la **figure 5**.

Par exemple, si une AD présente un IVS élevé et une exposition modérée aux inondations, cette région se trouve rangée dans la catégorie de risque d'exposition modérée aux inondations à IVS élevé.

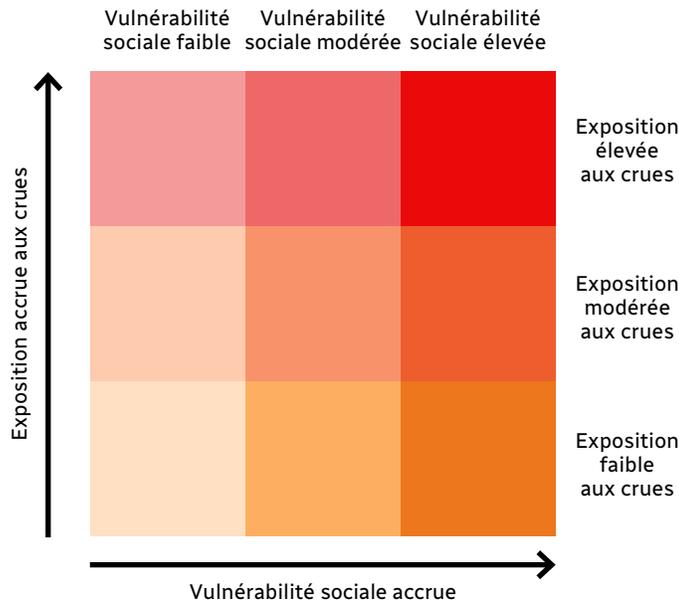


Figure 5 : Légende des classes de risques d'inondation

Tableau 3 : Cartes en ligne de l'IVS de la Croix-Rouge canadienne de 2023, exposition aux inondations et représentation visuelle du risque d'inondation par superposition des deux

Emplacement	Adresse URL
Richmond, BC	arcg.is/nz1Gy
Thompson, MB	arcg.is/1TqTzm0
Moose Factory, ON	arcg.is/0yy8Wi
Ottawa-Gatineau, ON	arcg.is/0DOnbH
Ottawa-Renfrew, ON	arcg.is/1DGHvD1
Bay St. George, NL	arcg.is/0e1Cja0

Les cartes en ligne du **tableau 3** permettent aux utilisateurs de visualiser les couches d'analyse sur la base géographique d'ESRI de leur choix. Les cartes ont été conçues pour qu'on puisse les visualiser en sélectionnant les couches suivantes séparément :

- Notes d'IVS (vulnérabilité sociale relative)
- Résultats de l'exposition aux inondations
- Risque relatif d'inondation : une couche superposée agrégée de résultats de l'exposition aux inondations et de l'IVS

L'affichage concomitant de différentes couches ne procure pas de renseignements utiles. Lorsque les couches de l'IVS et de l'exposition aux inondations se chevauchent, les couleurs ne cadrent pas avec le risque relatif, mais elles sont plutôt le résultat de la superposition des couleurs des différentes couches.

UTILISATIONS

- ❑ Il est possible de mettre en évidence les zones de risque en superposant les couches d'IVS et d'exposition aux aléas.
- ❑ Les cartes choroplèthes à deux variables permettent d'explorer la relation entre deux variables au même emplacement (**Meyer et autres, 1975**).
- ❑ Les cartes de superposition contribuent à reconnaître les modèles spatiaux et les disparités dans une région, lorsqu'on compare particulièrement les couches de risque avec chaque IVS et le niveau d'exposition aux inondations.
- ❑ Cette méthode de superposition sert à visualiser les données qui ont été agrégées selon des limites administratives, telles que les aires de diffusion.

LIMITATIONS

- ❑ La grille de couleurs générée par le croisement des différentes variables peut s'avérer difficile à interpréter pour certaines personnes, en particulier celles qui souffrent d'une forme ou d'une autre de daltonisme. Dans ces cas-là, le lecteur aura du mal à distinguer sur les cartes, les couleurs et les catégories auxquelles elles correspondent dans la légende (**Fienberg, 1979**).
- ❑ Il n'existe pas de palette de couleurs standard unique correspondant aux variables.
- ❑ L'interprétation des variables et de leurs liens risque d'être faussée si on recourt à différentes palettes de couleurs.

Conseils sur la reproduction des évaluations de la vulnérabilité sociale et des aléas

Pour pouvoir reproduire les méthodes et les cartes détaillées dans le présent rapport, il est nécessaire de disposer de certains éléments et compétences essentiels.

- (1) Procurez-vous une licence ArcGIS pour la durée de votre choix, ce qui vous permettra d'accéder aux cartes créées.
- (2) L'équipe technique doit avoir des compétences dans la récupération de données, le codage (R, Python), les SIG, les SIG en ligne, la visualisation de données et la réalisation d'analyses statistiques.
- (3) Il est conseillé d'avoir un poste de travail ou un serveur avec au moins 64 Go de RAM pour la gestion des tâches de traitement de données importantes, comme l'analyse des risques d'inondation.
- (4) Les ensembles de données qui vont suivre sont le fondement de toute évaluation ultérieure de la vulnérabilité socio-économique. Pour suivre la méthodologie, il devrait suffire d'embaucher une personne possédant une expertise en statistiques ou en économétrie.
 - Des sociétés spécialisées en modélisation d'inondations, comme JBA Risk Management, KatRisk ou Aon, peuvent se charger de l'acquisition de **données sur les aléas d'inondation**. Il est possible de faire l'acquisition de ces jeux de données exclusifs en achetant une licence. Dans certaines circonstances, des informations supplémentaires relatives aux aléas sont mises à la disposition du public (par exemple, par l'intermédiaire d'offices de protection de la nature ou d'organismes d'aménagement des bassins versants), cependant, c'est rarement le cas à l'échelle nationale. L'indice de sensibilité aux inondations récemment publié produit par Ressources nationales Canada est l'exception qui confirme la règle.
 - Sur OpenStreetData de Microsoft, le public peut accéder aux **données d'exposition**, c'est-à-dire à l'empreinte des bâtiments. En outre, il est possible de les obtenir sous licence en s'adressant à DMTI ou à Opta.
 - Nous avons obtenu des **données socio-économiques** auprès du Centre de données de l'Analyseur du recensement canadien, qui offre un service exclusif aux abonnés du CHASS, tels que l'Université de Waterloo. Cependant, le grand public peut en consulter par l'intermédiaire du Visualiseur des données du Programme du recensement de Statistique Canada. Ces données servent à renseigner une gamme de variables qui, selon la littérature existante, permettent d'illustrer la vulnérabilité socio-économique.

8 | RECOMMANDATIONS POUR L'UTILISATION D'UN IVS

(1) Les représentations visuelles des aléas doivent être validées au moyen d'une « vérification sur le terrain » faisant appel aux principaux intéressés, auprès des circonscriptions locales dans les zones à haut risque.

- Les représentations élaborées ici doivent être validées au moyen des connaissances locales pour remédier aux limitations liées à l'adoption d'une approche descendante à l'aide de bases de données nationales. Par exemple, certaines communautés seront probablement moins vulnérables si elles ont déjà connu un désastre et mis en place des programmes de protection civile, ou si elles ont récemment investi dans l'aménagement d'infrastructures de protection (vertes et/ou grises) qui ont réduit l'exposition.

(2) Comparaison des résultats au moyen de plusieurs sources de données et choix méthodologiques pour améliorer la fiabilité de l'IVS.

- L'intégration de différents choix méthodologiques (par exemple, divers ensembles de variables, méthodes d'agrégation, et approches de classification) lors de la construction de l'IVS, et la prise en compte des erreurs de mesure des variables d'entrée (par exemple, l'incertitude associée à certaines données de Statistique Canada) amélioreront la fiabilité de l'indice.
- Statistique Canada fournit un ensemble de données national complet pour l'évaluation de la vulnérabilité, mais c'est l'occasion de valider et de comparer ces résultats avec d'autres ensembles de données offrant une plus grande granularité locale. Par exemple, les données sur les taux de pauvreté sont collectées au niveau provincial et accessibles à l'échelle de la région métropolitaine de recensement; cependant, pour une analyse à l'échelle du quartier, des données à la granularité nécessaire sur les AD seraient requises.
- D'autres variables peuvent être incluses dans un IVS, telles que les données sur l'exposition antérieure aux inondations, les mesures d'autoprotection, la confiance dans les prévisions de désastres, le comportement de prise de risques, le capital social et les réseaux sociaux. La compréhension de ces aspects qui influencent la vulnérabilité au moyen d'approches fondées sur la communauté et ascendantes (par exemple, des enquêtes locales et des exercices de cartographie communautaire), et leur intégration à des méthodes d'analyse statistique descendante, renforcerait la pertinence et la qualité d'un IVS pour la prise de décisions.
- La vulnérabilité sociale n'est pas statique; elle évolue, et les méthodes doivent en tenir compte. Bien que les caractéristiques de la population et les capacités des communautés fluctuent dynamiquement au fil du temps, les données du recensement national sont collectées et publiées tous les cinq ans, ce qui

rend difficile la saisie de ces nuances. En conséquence, certains chercheurs développent des méthodes plus prédictives ou probabilistes qui projettent comment différents chemins de l'IVS pourraient évoluer avec le temps.

(3) Établir des relations pour les évaluations dirigées et/ou co-conçues par des Autochtones qui utilisent des sources de données non issues du recensement et qui adhèrent aux principes du PCAP.

- L'utilisation exclusive des données du recensement pour cerner les caractéristiques des peuples autochtones est insuffisante pour mener une analyse de vulnérabilité sociale. Les données des secteurs de recensement disponibles au niveau des AD ne couvrent pas toutes les réserves foncières autochtones au Canada, donc il n'y a pas assez d'informations pour réaliser une analyse de l'IVS et des aléas d'inondation de ces populations.
- Pour surmonter ces limites, il faut établir des relations à long terme et renforcer la confiance en favorisant un profond engagement communautaire. Grâce à cet engagement, il est possible d'identifier d'autres sources de données et des méthodologies autochtones pour l'évaluation de la vulnérabilité sociale, en respectant les principes du PCAP (propriété, contrôle, accès et possession), conformément au **Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations**.
- L'engagement pourrait inclure la sélection de variables spécifiques à l'emplacement et la pondération avec des partenaires des communautés autochtones pour construire un indice localement significatif (voir le dernier paragraphe de la section « *Recherche fondamentale sur l'IVS dans le contexte canadien* »).

(4) Incorporer les points de vue des communautés autochtones sur les frontières spatiales.

- Les cartes produites dans le cadre de cette recherche sont basées sur des frontières politiques coloniales, qui ne reflètent pas les territoires traditionnels des Premières Nations, englobant de vastes étendues qui chevauchent souvent les territoires d'autres nations.
- Idéalement, il faudrait que des experts des Premières Nations, des Métis et des Inuits dans les communautés concernées fassent des vérifications dans la source d'information territoriale Native Land Digital ([native-Land.ca](https://native-land.ca)), avant d'y recourir.
- Il y a un total de 988 réserves autochtones selon le fichier des limites de la subdivision de recensement (SDR) de 2016, avec six types de limites de SDR représentant les communautés des réserves autochtones. Les types de SDR suivants se fondent sur les définitions juridiques¹ des communautés

¹ L'utilisation des mots « indien » et « indienne » est obsolète. Ces termes sont utilisés ici pour désigner des concepts juridiques provenant de la Loi sur les Indiens. Bien que certaines communautés se soient renommées Première Nation, d'autres ont conservé leur nom hérité du libellé de la loi coloniale.

affiliées aux Premières Nations ou bandes indiennes : réserve indienne (IRI), établissement indien (S-É), district sous administration indienne (IDG; *Indian Government District*), terres réservées aux Cris (TC), terres réservées aux Naskapis (TK) et Nisga'a land (NL). Pour en savoir plus sur les populations autochtones dans une réserve et les données pour l'IVS et l'analyse des risques d'inondation dans l'ensemble des communautés autochtones, reportez-vous à Chakraborty et autres (2021).

(5) Explorez comment l'IVS peut servir à évaluer le risque en relation avec d'autres aléas

- D'autres données sur les aléas, incluant les tremblements de terre, la chaleur extrême, et les incendies de forêt, peuvent aussi être associées à l'IVS par le biais d'une couche agrégée permettant de visualiser les risques, comme cela a été réalisé ici. Il faut s'assurer que les données d'exposition aux aléas disponibles sont à la même échelle géographique que celle utilisée pour l'analyse de l'IVS.

9 | DOMAINES DE RECHERCHE FUTURS

- (1) Il faut redoubler d'efforts pour amplifier la convivialité des cartes, favoriser la qualité de l'expérience utilisateur et simplifier l'interprétation.** Un affinement minutieux de la légende de la carte et des explications des éléments améliorerait la compréhension, fournirait les avertissements nécessaires et assurerait la clarté visuelle et la fonctionnalité pour divers groupes d'utilisateurs (y compris ceux souffrant de diverses formes de daltonisme) et pour différents cas d'utilisation.
- (2) Il faut poursuivre les recherches pour déterminer comment les variables liées à la vulnérabilité sociale se comportent selon les types d'aléa.** La revue de la littérature pour cette recherche a révélé que certaines caractéristiques socio-économiques, telles que la mobilité et le revenu, sont des facteurs constants de vulnérabilité face aux aléas, bien au-delà des inondations. Étant donné que chaque aléa nécessite des mesures particulières de préparation, d'atténuation, d'intervention ou de rétablissement en fonction de leur nature et de leurs résultats distincts, des recherches supplémentaires sont nécessaires sur la façon dont l'IVS diffère selon l'aléa et quelles variables reflètent ces différences.
- (3) L'ajout de la vulnérabilité sociale aux analyses de risque présente d'importantes implications politiques qui pourraient être approfondies par d'autres recherches.** Une grande partie des recherches en cours sur les aléas qui éclairent les politiques ne combine que les données sur les aléas et l'exposition, ce qui passe à côté des impacts réels sur les individus. La recherche peut se fonder sur le travail réalisé ici afin d'étudier comment les évaluations des risques et les cartes intégrant l'indice de vulnérabilité sociale peuvent être employées pour orienter les politiques et prioriser les ressources (par exemple, le financement de la relance, les investissements en matière de mitigation des catastrophes) dans une optique d'équité. Elle peut également s'intéresser à la façon dont ces politiques sont en lien avec les résultats escomptés pour les populations affectées de façon disproportionnée.

ANNEXE A : GLOSSAIRE

Accès équitable :

Définition de l'Université de Waterloo : permet à tous les individus d'accéder aux services et aux ressources en éliminant les obstacles et en veillant à ce que les divers contextes et identités des individus soient intégrés dans les processus de développement et de mise en œuvre [traduction libre].

Aléa :

Définition de Sécurité publique Canada (2017) : « Phénomène, manifestation physique ou activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement ».

Aléas naturels :

Les aléas naturels sont des phénomènes météorologiques et climatiques graves et extrêmes (inondations, tremblements de terre, feux de forêt, etc.) susceptibles d'avoir une incidence négative sur les personnes et sur les zones peuplées. Autrement dit, il s'agit d'événements environnementaux que les gens considèrent comme dangereux pour la sécurité, la santé, les biens et les moyens de subsistance.

L'occurrence d'un phénomène environnemental, comme un tremblement de terre, n'est pas en soi considérée comme un aléa; ce n'est que lorsqu'il y a une menace pour les intérêts humains qu'un événement est considéré comme un aléa. Lorsqu'un aléa naturel se produit et a une incidence négative importante sur des vies humaines, des biens ou des moyens de subsistance en raison d'actions et de décisions humaines, cet événement est considéré comme une catastrophe.

- Voir aussi : **aléa, catastrophe.**

Catastrophe :

Définition de Sécurité publique Canada (2017) : « Phénomène, principalement de nature sociale, qui se produit lorsque la manifestation d'un aléa affecte une collectivité vulnérable d'une façon telle que ses capacités de faire face à la situation sont dépassées et la sécurité, la santé, le bien-être, les biens et l'environnement de la population peuvent être sérieusement altérés ».

Ce n'est pas l'événement environnemental lui-même qui mène à une catastrophe, mais les actions et les décisions humaines qui augmentent les dommages, les pertes et les souffrances; c'est pourquoi le terme « catastrophe naturelle » ne convient pas (consulter le www.nonaturaldisasters.com).

Colonisation :

Définition de l'Université de Waterloo* : action ou processus consistant à s'établir parmi les populations autochtones d'une région et à établir un contrôle sur elles; action de s'approprier un lieu ou un domaine pour son propre usage [traduction libre].

**Pour voir d'autres définitions du groupe de travail de lutte contre le racisme du président de l'Université de Waterloo, consulter le uwaterloo.ca/presidents-anti-racism-taskforce/part-report/glossary-terms.*

Désavantage structurel :

Définition de l'Université de Waterloo : circonstance ou condition défavorable vécue par un individu, un groupe ou une collectivité et qui découle de la manière dont la société fonctionne [traduction libre] (exemples : distribution des ressources, détention du pouvoir et organisation des institutions).

Discrimination :

Définition de l'Université de Waterloo : traitement injuste ou préjudiciable de différentes catégories de personnes, en particulier pour des raisons liées à la race, à l'ethnie, à l'âge, au sexe ou à la situation de handicap [traduction libre].

Équité :

Définition de l'Université de Waterloo : équité et justice; concept distinct de l'égalité, qui consiste à offrir la même chose à tous, alors que l'équité consiste à admettre que nous ne partons pas tous du même point et qu'il faut reconnaître les déséquilibres et s'y adapter. Il s'agit d'un processus continu dans le cadre duquel nous devons cerner et surmonter les obstacles intentionnels et non intentionnels résultant de préjugés ou de structures systémiques [traduction libre].

Étendue des aléas :

Dans le cadre des évaluations de risque, ce terme désigne l'endroit où un phénomène environnemental, comme une inondation ou un feu de forêt, est susceptible de se produire (c'est-à-dire là où l'eau en crue s'écoule ou le feu se propage).

Exposition physique :

Définition du Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) (2015) : nombre de personnes situées dans des zones où se produisent des événements dangereux, combiné à la fréquence des événements dangereux [traduction libre].

Groupes en quête d'équité :

Définition de l'Université de Waterloo : communautés qui repèrent des obstacles à l'égalité d'accès, d'opportunité et de ressources dus à des désavantages et à de la discrimination, et qui recherchent activement la justice sociale et la réparation [traduction libre].

Indice de vulnérabilité sociale (IVS) :

Les IVS offrent une analyse quantitative et spatiale des variables de vulnérabilité socio-économique en vue de l'obtention d'une note relative (par exemple, faible, modérée ou élevée) fondée sur les écarts types au sein d'un périmètre géographique donné. Autrement dit, les IVS indiquent le degré de vulnérabilité sociale des personnes au sein d'une région par rapport à une autre, en fonction de l'écart entre chaque variable (par exemple, tirée du recensement) et la moyenne du périmètre géographique.

On peut combiner les IVS à d'autres ensembles de données spatiales, comme des cartes des aléas, pour ajouter des caractéristiques socio-économiques aux évaluations de la résilience et des risques, qui sont généralement limitées à l'étendue des aléas (par exemple, où l'eau de crue est susceptible de s'écouler, où le feu de forêt est susceptible de se propager) et à l'exposition (par exemple, interaction des personnes et des biens avec un aléa comme une inondation ou un feu de forêt).

Cela peut constituer une base statistiquement solide pour la hiérarchisation des investissements publics dans les politiques et les décisions de gestion des aléas. On peut utiliser les IVS pour soutenir l'analyse comparative entre les sexes plus (ACS Plus) et les considérations d'équité fondées sur des données probantes dans le cadre de la gestion des urgences et de la réduction des risques liés aux catastrophes.

Voir aussi : **exposition physique, étendue des aléas.**

Intersectionnalité :

Définition de l'Université de Waterloo : nature interconnectée des catégorisations sociales comme la race, la classe et le sexe, telles qu'elles s'appliquent à un individu ou à un groupe donné, considérées comme créant des systèmes de discrimination ou de désavantage qui se chevauchent et sont interdépendants [traduction libre].

Marginalisé/vulnérable :

Définition de l'Université de Waterloo : personne ou groupe traité comme s'il était insignifiant ou accessoire et pouvant nécessiter plus de soin, de soutien ou de protection en raison de ses circonstances uniques [traduction libre].

Minorités visibles :

Définition de Statistique Canada (2017b) et de la *Loi sur l'équité en matière d'emploi* : « les personnes, autres que les Autochtones, qui ne sont pas de race blanche ou qui n'ont pas la peau blanche. La population des minorités visibles est principalement composée des groupes suivants : Sud-Asiatique, Chinois, Noir, Philippin, Arabe, Latino-Américain, Asiatique du Sud-Est, Asiatique occidentale, Coréen et Japonais. ».

Remarque : Ce terme est utilisé de manière interchangeable avec « personnes de couleur », et des voix s'élèvent pour demander que l'on utilise plutôt le terme « majorité mondiale » (voir http://www.thestar.com/opinion/contributors/we-are-not-visible-minorities-we-are-the-global-majority/article_0432d86d-51a6-5928-9c74-0dc2d4244631.html). Tous ces termes désignent – mais ne décrivent pas adéquatement – les personnes privées d'équité, mal servies ou marginalisées en raison de la couleur de leur peau ou de leurs origines culturelles.

Obstacles systémiques :

Définition de l'Université de Waterloo : politiques, pratiques ou procédures en raison desquelles certaines personnes bénéficient d'un accès inégal ou sont exclues [traduction libre].

Personnes touchées de manière disproportionnée :

Individus ou groupes qui sont plus touchés que d'autres par les aléas ou les chocs, comme les catastrophes. Cette disparité est souvent le résultat de désavantages structurels (par exemple, politiques discriminatoires) ou d'obstacles

systémiques au sein d'une société. Dans le contexte de la réduction des risques liés aux catastrophes, il peut s'agir de groupes en quête d'équité et d'autres populations marginalisées/vulnérables.

Il est important de reconnaître que ces populations sont touchées de manière disproportionnée non pas parce qu'elles sont intrinsèquement vulnérables ou qu'elles manquent de résilience, mais en raison des systèmes et des structures en place qui empêchent un accès équitable aux ressources de préparation aux risques, de réponse et de rétablissement, ou qui mènent à l'exclusion de ces populations des processus de prise de décision qui les concernent.

Racisme systémique :

Définition de l'Université de Waterloo : discrimination ou traitement inégal fondé sur l'appartenance à un groupe ethnique particulier (généralement un groupe historiquement sous-représenté), découlant de systèmes, de structures ou d'attentes qui se sont établis au sein de la société ou d'une institution [traduction libre].

Résilience (personnelle, communautaire, sociale) :

Capacité d'un individu ou d'un groupe à faire face aux chocs et au stress, à s'y adapter et à s'en remettre, par exemple en cas d'aléa naturel.

Résilience inclusive :

La résilience est la capacité à se préparer aux catastrophes et à s'en remettre. Pour adopter une approche inclusive, nous devons reconnaître que différents groupes de personnes ont besoin de mesures d'intervention en cas d'urgence différentes. La résilience inclusive garantit que toutes les personnes ont l'opportunité de contribuer de manière significative aux efforts de prise de décision, de planification et de réponse.

Structures de pouvoir :

Définition de l'Université de Waterloo : politiques, pratiques, hiérarchies et idéologies qui ont une influence institutionnelle et systémique et peuvent avoir une incidence disproportionnée sur les membres de certains groupes (par exemple, sur la base de la race ou du sexe) [traduction libre].

Vérification sur le terrain :

Tester ou vérifier des hypothèses auprès des membres des collectivités et des praticiens. Dans le contexte de l'élaboration et de l'utilisation d'un indice de vulnérabilité sociale (IVS), ce processus de mobilisation communautaire contribue à garantir que l'IVS reflète les expériences vécues et les réalités de la collectivité (**Oulahen et autres, 2015a**).

Vulnérabilité sociale :

La Federal Emergency Management Agency (FEMA) des États-Unis définit cette notion comme suit : la susceptibilité des groupes sociaux aux effets néfastes des aléas naturels, y compris les décès, les blessures, les pertes et la perturbation des moyens de subsistance d'ampleur disproportionnée [traduction libre]. Il s'agit essentiellement de caractéristiques socio-économiques ou démographiques associées à la vulnérabilité d'un individu, d'un groupe ou d'une collectivité aux aléas naturels, et censées accroître les difficultés auxquelles l'individu, le groupe ou la collectivité est confronté quand vient le temps de faire face à une catastrophe (**Cutter et autres, 2003; Cutter, 1996; Wisner et autres, 2004**) à un moment et dans un lieu donnés.

Zones à risque :

Zones géographiques où convergent l'exposition aux aléas (par exemple, d'inondation) et la vulnérabilité sociale. La méthodologie utilisée aux présentes pour les risques d'inondation est axée sur l'exposition et la vulnérabilité sociale, de façon à permettre de cerner les zones qui pourraient nécessiter une plus grande attention en ce qui concerne la gestion des risques d'inondation et la prise en compte des inégalités socio-économiques.

ANNEXE B :

PROCESSUS DE P4A POUR ÉTABLIR L'IVS 2023 DE LA CROIX-ROUGE CANADIENNE

PHASE 1 Collecte de données et préparation

Étape 1.1

Déterminer l'objectif de la création de l'indice

(dans le cas présent, un indice de vulnérabilité sociale)

Déterminez les éléments suivants :

- À quelles questions votre organisation veut-elle être en mesure de répondre?
- Qui utilisera ou consultera les résultats?

Pourquoi est-ce important?

- Pour obtenir une compréhension et une définition claires du phénomène que votre organisation évalue
- Pour assurer l'alignement quant à la raison pour laquelle vous créez un indice et une carte
- Pour déterminer clairement l'utilisation et les publics cibles

Étape 1.2

Sélectionner des indicateurs cohérents avec la littérature

Déterminez les éléments suivants :

- Quelles sont les variables qui, dans la littérature, sont systématiquement considérées comme des indicateurs de vulnérabilité sociale?

- Évaluez la relation entre chaque variable et l'indice.

Posez-vous la question suivante : cette variable augmente-t-elle ou diminue-t-elle la note obtenue au moyen de l'indice?

Pourquoi est-ce important?

- Les répercussions de chaque variable sélectionnée sur l'indice sont fondées sur la définition de l'indice et le phénomène qu'il vise à représenter – ainsi que sur la manière dont chaque variable est incluse (voir l'étape 1.3).
- Par exemple, si l'objectif de l'indice est de mesurer la résilience, des valeurs plus élevées pour une variable peuvent signifier une plus grande résilience. En revanche, si l'objectif de l'indice est de mesurer la vulnérabilité, plus la note pour une variable est élevée, moins les personnes sont vulnérables.

Étape 1.3

Déterminer la pondération des indicateurs

Déterminez les éléments suivants :

- Les variables ont-elles toutes la même importance, ou faut-il les pondérer?
- Quelle méthode votre organisation utilisera-t-elle pour pondérer les variables?
 - Les chercheurs de P4A ont utilisé une méthode objective de pondération des variables (écart-type, analyse des composantes principales [ACP]) au moyen de la modélisation mathématique.

Pourquoi est-ce important?

- Les répercussions de chaque variable sélectionnée sur l'indice sont fondées sur la définition de l'indice et le phénomène qu'il vise à représenter – ainsi que sur la manière dont chaque variable est incluse (au moyen de la pondération).
- Avec l'ACP, les variables qui s'écartent le plus de la moyenne ont un poids plus grand. Il y a toutefois d'autres méthodes pour déterminer l'influence de chaque variable sur la note définitive de l'indice (par exemple, des méthodes subjectives comme la matrice de comparaison par paires [MCP]).

Étape 1.4

Choisir une source de données et télécharger les données

Déterminez les éléments suivants :

- Évaluez les données accessibles pour les variables choisies dans la région géographique.
- Pour quels niveaux géographiques les données sont-elles disponibles?
- Votre organisation a-t-elle accès aux ensembles de données appropriés pour pouvoir inclure les variables d'intérêt?

Pourquoi est-ce important?

- Pour veiller à ce que toutes les données soient disponibles pour la même résolution spatiale (par exemple, région métropolitaine de recensement, secteur de recensement ou aire de diffusion)
- Pour s'assurer que les variables ne sont pas déformées en raison de données manquantes

Étape 1.5

Transformer les variables d'entrée

Déterminez les éléments suivants :

- Votre organisation doit-elle transformer les variables sélectionnées?
- Si c'est le cas, quelles méthodes de transformation conviendraient le mieux à votre organisation?

Pourquoi est-ce important?

- En fonction de l'étude et de la variable, on peut décider de ne pas transformer les données et d'utiliser les valeurs absolues, car certains renseignements peuvent être perdus lors de la transformation.

- Par exemple, on pourrait utiliser la population absolue d'adultes âgés plutôt que la proportion d'adultes âgés par rapport à la population totale.

Remarque : P4A a transformé les variables en établissant un IVS pour la SCCR (voir ci-dessous).

- Il est important d'avoir conscience des avantages et des inconvénients des valeurs relatives et absolues.

Par exemple, si vous utilisez des valeurs absolues, plus le nombre de personnes âgées est élevé dans une zone, plus cette zone peut sembler socialement vulnérable même si le pourcentage de personnes âgées par rapport à la population totale est faible.

- En fonction de l'objectif de la recherche, l'utilisation de valeurs absolues ou de données transformées peut être justifiée.

On pourrait utiliser les valeurs absolues pour la planification d'une évacuation touchant un grand nombre de personnes (Tate, 2013).

- Il y a deux options principales pour la transformation des variables :

- (1) **Densité de la population** : Division des variables fondées sur la population et sur les logements par la population totale et le nombre total de logements.

Les chercheurs de P4A ont appliqué cette première option, car cette approche est conforme à la littérature sur la vulnérabilité sociale en ce qui concerne la gestion des risques d'inondation.

- (2) **Densité surfacique** : Les valeurs des variables sont divisées par la surface totale. Lorsque cette option est appliquée à la population âgée d'une région, la variable finale est la population âgée par kilomètre carré (ou autre unité de surface) (Tate, 2013).

Étape 1.6

Vérifier l'exactitude des données

Sous-étapes :

- (1) Remplacer les données manquantes
- (2) Examiner les statistiques descriptives
- (3) Vérifier les populations (minimales et maximales)

Déterminez les éléments suivants :

- Quelles sont les unités spatiales des variables pour lesquelles votre organisation manque de données?
- Certaines variables ont-elles des valeurs contre-intuitives?

Pourquoi est-ce important?

- Puisque la même méthodologie d'IVS (avec ses caractéristiques, comme le nombre de variables) doit être appliquée à toutes les régions sélectionnées, il est essentiel de s'assurer que chaque unité spatiale dispose de valeurs pour toutes les variables sélectionnées.
 - Si quelques variables sont manquantes pour une unité (négligeables par rapport au nombre total de variables), on peut inscrire dans les cellules vides la moyenne de la variable parmi les autres unités.
- Une autre tâche essentielle consiste à repérer les variables contre-intuitives en examinant les statistiques descriptives des données.
 - Par exemple, si les variables ont été divisées par la population totale (à l'étape 1.4), aucune valeur ne devrait être supérieure à 1. Les valeurs logiquement impossibles indiquent qu'il y a des erreurs dans les données. Il est alors nécessaire de poursuivre l'examen et de vérifier les variables sélectionnées, en particulier si vous trouvez des valeurs logiquement impossibles pour de nombreuses unités spatiales.
- Il faut effectuer d'autres contrôles statistiques simples relativement aux populations maximales et minimales des unités spatiales.
 - Par exemple, dans le cadre de l'utilisation des aires de diffusion (AD), la population totale de chaque AD doit se situer dans la fourchette de 400 à 700 personnes établie par Statistique Canada.

Étape 1.7

Normaliser toutes les variables

Pourquoi est-ce important?

- Il est important de normaliser toutes les variables au sein d'une plage commune sans dimension afin d'éviter les problèmes qui pourraient découler de la dérivation des facteurs pour l'ACP.
- Bien qu'il existe de nombreuses méthodes de normalisation, les chercheurs de P4A ont utilisé la méthode de normalisation de la note z (soustraire la moyenne, diviser par l'écart-type) en raison de ses avantages pour le traitement des valeurs extrêmes (Tate, 2013).

PHASE 2 Analyse et calcul

Analyse des composantes principales (ACP) et création d'indices

Sous-étapes :

- (1) Réduire la dimensionnalité des variables
- (2) Pondérer et agréger les variables

Déterminez les éléments suivants :

- Votre organisation pense-t-elle que les variables sélectionnées sont corrélées?
 - Par exemple, les variables du revenu médian et du pourcentage de personnes vivant sous le seuil de la pauvreté semblent fortement corrélées.
- Quelle méthode de pondération appliquer?

Pourquoi est-ce important?

- Lorsque plusieurs variables peuvent être corrélées, les techniques de réduction de la dimensionnalité peuvent s'avérer utiles pour ce qui suit (**Vyas et Kumaranayake, 2006**):
 - **Accroître l'efficacité** en réduisant le nombre de variables ou de caractéristiques nécessaires à la création d'un indice. Cela peut faciliter l'interprétation de l'indice.
 - **Réduire le bruit et la redondance** des données en déterminant les variables ou les caractéristiques les plus importantes pour l'indice.
 - **Améliorer la généralisation** de l'indice en réduisant le risque de surajustement. Cela peut rendre l'indice plus robuste et plus fiable lorsqu'il est appliqué à de nouvelles données.
- Parmi les méthodes disponibles pour réduire la dimensionnalité des données, l'ACP est largement utilisée lorsqu'il s'agit de travailler avec de nombreuses variables et de les combiner pour établir un indice; elle a été utilisée par P4A.
 - Étant donné que l'utilisation de l'ACP comporte des nuances et des choix méthodologiques, P4A recommande de consulter les ressources ci-dessous pour l'utilisation de cette méthode.
- Il faut combiner les facteurs les plus importants selon l'ACP (ou une autre technique de réduction de la dimensionnalité) au moyen d'une pondération afin d'obtenir une valeur unique représentant la vulnérabilité sociale.
 - La pondération peut être égale, subjective (déterminée par des experts), objective ou fondée sur des données.

RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES :

Mazziotta, M., et Pareto, A. (2019). Use and misuse of PCA for measuring well-being. *Social Indicators Research* 142 (2): 451– 476.

doi.org/10.1007/s11205-018-1933-0

Tate, E. (2013). Uncertainty analysis for a social vulnerability index. *Annals of the Association of American Geographers* 103 (3): 526–543.

doi.org/10.1080/00045608.2012.700616

Reckien, D. (2018). What is in an index? Construction method, data metric, and weighting scheme determine the outcome of composite social vulnerability indices in New York City. *Regional Environmental Change* 18 (5): 1439–1451. doi.org/10.1007/s10113-017-1273-7

Schmidtlein, M. C., Deutsch, R. C., Piegorsch, W. W., et Cutter, S. L. (2008). A sensitivity analysis of the social vulnerability index. *Risk Analysis* 28 (4): 1099–1114. doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01072.x

Vyas, S., et Kumaranayake, L. (2006). Constructing socio-economic status indices: How to use principal components analysis. *Health Policy and Planning* 21 (6): 459–468. doi.org/10.1093/heapol/czl029

PHASE 3 Distribution et diffusion géospatiales

Étape 3.1

Échelonner les notes d'IVS de 1 (vulnérabilité la plus faible) à 100 (vulnérabilité la plus élevée)

Pourquoi est-ce important?

- Échelonnez les notes dérivées avant de procéder à la cartographie, de manière à ce que les notes soient relatives les unes par rapport aux autres et à ce que l'on puisse ainsi effectuer la comparaison entre les zones géographiques adjacentes.
- Remarque : Après l'échelonnement, les notes d'IVS indiquent la vulnérabilité *relative à l'intérieur* d'un périmètre géographique analysé; il faut insister sur ce point lors de la communication des résultats et de la prise de décision en fonction des résultats.
- P4A a utilisé la méthode d'échelonnement minimum-maximum du pourcentage, dans le cadre de laquelle la plus grande valeur (IVS dérivé le plus élevé = vulnérabilité la plus élevée) est fixée à 100 et la plus petite valeur (IVS dérivé le plus bas = vulnérabilité la plus faible) à 0.

Étape 3.2

Classer les notes d'IVS définitives à l'aide d'un système de classification par écart-type pour la cartographie de la vulnérabilité et la représentation géospatiale

Pourquoi est-ce important?

- Il faut être en mesure d'interpréter les résultats. Diviser les notes en fourchettes (catégories) et attribuer un nom à chaque fourchette (par exemple, élevée, modérée et faible) permet de donner un sens aux résultats (notes).
- Il existe différentes méthodes de classification. La méthode de l'écart-type, dans le cadre de laquelle les catégories sont définies en fonction de la distance de chaque note par rapport à la moyenne, est couramment utilisée.

- Un seuil de 1,0 a été choisi dans le cadre de la recherche de P4A : les notes d'IVS supérieures à 1,0 écart-type de la moyenne ont été classées comme élevées, et les notes inférieures à 1,0 écart-type de la moyenne ont été classées comme faibles. Les notes d'IVS comprises entre 1,0 et -1,0 écart-type ont été classées comme modérées.
- Depuis l'étape 1, nous savons que les notes d'IVS après l'échelonnement sont relatives. *Les classifications sont également des désignations relatives*, car l'écart-type et la moyenne sont calculés en fonction d'une zone géographique précise (par exemple, statistiques spatiales d'une région d'intérêt).
- Une note IVS pour un lieu peut être classée différemment dans le cadre d'une comparaison avec d'autres lieux au sein d'un quartier ou d'une municipalité.

Étape 3.3

Visualiser et cartographier les notes d'IVS à l'aide d'une symbologie de couleurs graduées et d'un logiciel basé sur un système d'information géographique (SIG)

Déterminez les éléments suivants :

- Choix de la méthode ou du style de cartographie en fonction des préférences de l'utilisateur et de l'accessibilité
 - P4A a utilisé l'outil de développement ArcGIS Webmap avec une licence de l'Université de Waterloo.
 - Il existe des options gratuites, comme les outils de cartographie Web en langage Python ou R, qui ne nécessitent pas de licence.
- Couleur de chaque classification
 - Esri recommande des rampes de couleurs.

Pourquoi est-ce important?

- Pour permettre aux gens d'interpréter vos résultats

ANNEXE C :

PUBLICATIONS DE CHAKRABORTY ET AUTRES

**Veuillez consulter la section suivante pour voir une ventilation détaillée des méthodologies et des analyses que Partners for Action utilise afin d'établir un indice de vulnérabilité sociale et de cerner les points chauds présentant des risques d'inondation pour la Croix-Rouge canadienne (2023).*

I. Chakraborty et autres, 2020

Citation: Chakraborty, L., Rus, H., Henstra, D., Thistlethwaite, J., et Scott, D. (2020). A place-based socioeconomic status index: Measuring social vulnerability to flood hazards in the context of environmental justice. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 43: 101394.

Lien vers la publication : doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101394

Applicabilité :

- Explique en détail comment on peut établir un indice multidimensionnel et composite du statut socio-économique (SSÉ) à l'aide de données de recensement, comment adopter cette approche pour mesurer la vulnérabilité sociale, ainsi que les méthodes d'établissement d'indice fondé sur l'analyse des composantes principales (ACP) et les résultats, y compris ce qui suit :
 - Comment vérifier les hypothèses d'ACP (par exemple, l'exactitude de l'ensemble de données; fiabilité, validité et cohérence de l'ensemble de données)
 - Comment extraire les composantes à l'aide de l'ACP
 - Comment calculer un indice SSÉ
 - Comment effectuer une évaluation de l'adéquation pendant la phase de post-estimation de l'ACP
 - Utilisation du test de Levene pour évaluer les écarts d'indice SSÉ

II. Chakraborty et autres, 2021a

Citation: Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Minano, A., Henstra, D., et Scott, D. (2021). Leveraging hazard, exposure, and social vulnerability data to assess flood risk to Indigenous communities in Canada. *International Journal of Disaster Risk Science* 12: 821–838.

Lien vers la publication : doi.org/10.1007/s13753-021-00383-1

Applicabilité :

- Offre une méthodologie détaillée pour l'utilisation des données sur la vulnérabilité sociale, les aléas d'inondation et l'exposition résidentielle aux inondations en vue d'une évaluation exhaustive des risques d'inondation. La méthode décrit comment superposer spatialement la couche de l'indice de vulnérabilité sociale à la couche de l'exposition résidentielle aux inondations.
- L'article compare les risques d'inondation entre les communautés autochtones et non autochtones au Canada en agrégeant les données au niveau de l'îlot de diffusion (ID) et au niveau de la subdivision de recensement (SDR), puis en combinant spatialement cet ensemble de données aux données sur l'exposition aux inondations avec une période de récurrence de 100 ans.
- En utilisant une technique de cartographie choroplèthe bivariée fondée sur un SIG, l'article montre comment intégrer deux couches spatiales pour informer l'évaluation des risques d'inondation.

III. Chakraborty, 2021

Citation: Chakraborty, L. (2021). *Social Equity Dimensions of Flood Risk Management in Canada*. Thèse de doctorat, département de géographie et de gestion de l'environnement, Université de Waterloo. UWSpace.

Lien vers la publication : hdl.handle.net/10012/17156

Applicabilité :

- Offre une analyse de diverses méthodologies spatiales et non spatiales pour l'évaluation des inégalités associées aux inondations.
- Explique pourquoi on a opté pour des approches de régression pondérée géographiquement (RPG) et de régression logistique pondérée géographiquement (RLPG) plutôt que pour des méthodes de régression globale pour l'évaluation de l'hétérogénéité spatiale de l'exposition aux inondations.
- Le matériel complémentaire contient une méthodologie détaillée d'analyse de l'exposition aux inondations basée sur un SIG ainsi que des cartes de délimitation des risques d'inondation.
- Explique la sélection des variables dépendantes et indépendantes.
- Comprend une justification de l'utilisation de deux indices de privation des quartiers (instabilité des quartiers et insécurité économique des quartiers) dans le cadre de l'établissement de l'indice de vulnérabilité sociale (IVS).
- Offre une méthodologie détaillée de recherche de corrélations bivariées dans l'ensemble de données et de test des résultats (par exemple, modèle de décalage spatial, modèle d'erreur spatiale, comparaison des modèles de régression estimés, test d'adéquation Hosmer-Lemeshow, tests de khi carré de Pearson, statistique d'adéquation AIC pour la comparaison de modèles et test de non-stationnarité spatiale).

IV. Chakraborty et autres, 2021b

Citation: Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Henstra, D. (2021). *Vulnérabilité aux inondations et changements climatiques : Améliorer l'évaluation des risques d'inondation en cartographiant la vulnérabilité socio-économique dans une ville canadienne de taille moyenn.* Institut climatique du Canada.

Lien vers la publication : [Vulnérabilité aux inondations et changements climatiques - Institut Climatique du Canada](#)

Applicabilité :

- Étude de cas sur l'évaluation des risques d'inondation pour la région métropolitaine de recensement (RMR) de Windsor, axée sur le risque d'inondation urbaine causé par trois variables en interaction : l'aléa d'inondation, l'exposition des personnes et des biens, et la vulnérabilité des personnes et des biens aux répercussions des inondations.
- Montre comment évaluer la validité des données sur la vulnérabilité socio-économique pour mesurer les risques d'inondation.
- Aide à acquérir des connaissances sur l'étendue spatiale et la répartition géographique des risques d'inondation dans un grand centre urbain et à évaluer si les communautés vulnérables sont exposées de manière disproportionnée aux inondations.
- Le rapport examine les recommandations de politique visant à traiter les risques d'inondation urbaine de manière à protéger tout particulièrement les plus vulnérables.

V. Chakraborty et autres, 2022a

Citation: Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Scott, D., Henstra, D., Minano, A., et Rus, H. (2022). *Assessing social vulnerability and identifying spatial hotspots of flood risk to inform socially just flood management policy.* *Analyse des risques* : 43 (5) 1-21.

Lien vers la publication : doi.org/10.1111/risa.13978

Applicabilité :

- Explique comment les 49 variables originales du recensement ont été choisies et comment les données ont été déterminées au niveau du secteur de recensement (SR).
- Comprend une explication détaillée de l'analyse de l'exposition à l'aléa d'inondation, y compris a) les analyses d'exposition réalisées à l'aide des bases de données sur les risques d'inondation fluviale sans défense et avec défense de JBA, et b) la manière d'effectuer une évaluation spatiale des risques d'inondation.
- Inclut une méthodologie détaillée de développement d'une matrice d'évaluation des risques d'inondation qui démontre la relation spatiale entre l'exposition aux inondations et la vulnérabilité sociale et incorpore des

techniques BiLISA pour démontrer les points chauds spatiaux présentant des risques d'inondation à l'échelle du Canada au niveau des secteurs de recensement.

VI. Chakraborty et autres, 2022b

Citation: Chakraborty, L., Rus, H., Henstra, D., Thistlethwaite, J., Minano, A., et Scott, D. (2022). *Exploring spatial heterogeneity and environmental injustices in exposure to flood hazards using geographically weighted regression*. Environmental Research 210: 112982.

Lien vers la publication : doi.org/10.1016/j.envres.2022.112982

Applicabilité :

- Offre une évaluation quantitative de l'analyse de l'équité associée aux inondations.
- Explique l'utilisation d'une méthode de régression géographiquement pondérée pour l'analyse de l'équité associée aux inondations et de la représentation géospatiale de l'hétérogénéité des populations occupant les zones à haut risque.
- Compare diverses méthodes statistiques, y compris des méthodes de régression spatiales et non spatiales, pour l'analyse des inégalités environnementales associées aux inondations.

ANNEXE D :

VARIABLES DE L'IVS ET RAISON D'ÊTRE

Facteur	Code	Description (de Statistique Canada)	Sources des variables du Recensement de 2016	Raison d'être (pourquoi cette variable a-t-elle été sélectionnée? quelle incidence a-t-elle sur la vulnérabilité?)	Références
Social	ONEPERHH	Ménages d'une seule personne (en %)	Caractéristiques des ménages / Total — Ménages privés selon la taille du ménage - Données intégrales (100 %)/ Ménages sans famille de recensement / Ménages comptant une seule personne	Personnes isolées ou personnes ayant l'entière responsabilité financière	Andrey et Jones, 2008; Oulahen et autres, 2015
Social	NOLANG	Connaissance des langues officielles (personnes qui ne connaissent ni l'anglais ni le français) (en %)	Connaissance des langues officielles — échantillon total (personnes des deux sexes)/ Total — Connaissance des langues officielles pour la population totale à l'exclusion des résidents d'un établissement institutionnel — Données intégrales (100 %); personnes ne connaissant ni l'anglais ni le français	Capacité limitée à accéder à l'information et aux ressources quand les langues officielles ne sont pas bien maîtrisées	Hebb et Mortsch, 2007; Khan, 2012; Oulahen et autres, 2015; Tate, 2012
Social	NODEGREE	Résidents de 15 ans ou plus sans certificat/diplôme/grade (en %)	Niveau de scolarité — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Plus haut certificat, diplôme ou grade pour la population âgée de 15 ans et plus, dans les ménages privés — Données-échantillon (25 %) / Aucun certificat, diplôme ou grade	Influe sur le statut socio-économique et le revenu	Andrey et Jones, 2008; Cutter et autres, 2003; Holand et autres, 2011; Lee, 2014; Oulahen et autres, 2015; Schmidlein et autres, 2008; Wood et autres, 2010b

Social	LONEPARENT	Familles monoparentales (en %)	Caractéristiques de la famille / Total — Familles de recensement dans les ménages privés selon la taille de la famille - Données intégrales (100 %)	Ces personnes peuvent devoir assumer des responsabilités exigeantes et subir des contraintes financières en lien avec les soins aux enfants.	Andrey et Jones, 2008; Cutter et autres, 2003; Khan, 2012; Oulahen et autres, 2015
Infrastructure et environnement bâti	CROWDHOME	Résidents qui n'habitent pas un logement adéquat selon la Norme nationale d'occupation	Logements — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Ménages privés selon la taille convenable du logement — Données-échantillons (25 %) / Logement de taille non convenable	Les immeubles qui nécessitent des réparations majeures ou qui ne sont pas conformes aux normes sont plus vulnérables aux dommages des inondations	Jones et Andrey, 2007; Oulahen et autres, 2015
Infrastructure et environnement bâti	REPAIRHOME	Résidents habitant un logement privé nécessitant des réparations majeures	Logements — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Logements privés occupés selon l'état du logement — Données-échantillons (25 %) / Réparations majeures requises		
Infrastructure et environnement bâti	PUBTRANSIT	Résidents dont le principal mode de transport est le transport en commun, comme l'autobus, le métro ou le traversier	Principal mode de transport pour la navette — Échantillon total (personnes des deux sexes) — Total — Principal mode de transport pour navette pour la population active occupée âgée de 15 ans et plus ayant un lieu habituel de travail ou sans adresse de travail fixe — Données-échantillon (25 %) / Transport en commun	Moins de possibilités de transport (p. ex. pour l'évacuation)	Cutter et autres, 2003; Hebb et Mortsch, 2007; Khan, 2012; Odeh, 2002; Oulahen et autres, 2015
Infrastructure et environnement bâti	MOVERS	Personnes dont le lieu de résidence était dans la même SDR, mais dans un autre logement, il y a un an.	Mobilité — échantillon total (personnes des deux sexes) — Mobilité 1 an auparavant — Données-échantillon (25 %) / Personnes ayant déménagé	Risque d'instabilité du voisinage et contraintes possibles liées aux réseaux communautaires moins bien établis	L. Chakraborty et autres, 2020, 2021, 2022

Infrastructure et environnement bâti	RENTER	La population de locataires (en %)	Logements — Ménages privés selon le mode d'occupation	Moindre intérêt / motivation à investir dans les mesures d'atténuation; ressources financières limitées; risque que les assurances soient insuffisantes	Andrey et Jones, 2008; Bjarnadottir et autres, 2011; J. Chakraborty et autres, 2005; L. Chakraborty et autres, 2020; Collins et autres, 2009; Cutter et autres, 2003; Hebb et Mortsch, 2007; Khan, 2012; Odeh, 2002; Oulahan et autres, 2015; Wood et autres, 2010a, 2010b; Wu et autres, 2002
Infrastructure et environnement bâti	APT5STORY	Appartements dans des édifices de cinq étages ou plus (en %)	Caractéristiques du logement — Total — Logements privés occupés par type de construction résidentielle — Données intégrales (100 %) / Appartement dans un immeuble de moins de cinq étages	Ces résidents peuvent être confrontés à des difficultés supplémentaires en cas d'évacuation	Saatcioglu, 2013
Infrastructure et environnement bâti	BUILT1960	Logements bâtis avant 1960	Échantillon total (personnes des deux sexes) — Logements privés occupés selon la période de construction — Données-échantillons (25 %) / 1960 ou avant	Immeubles non conformes aux codes actuels; risque accru de dommages en raison de l'âge des matériaux	Fekete, 2009; Flanagan et autres, 2011; Hebb et Mortsch, 2007; Holand et autres, 2011; Holand et Lujala, 2013; Lee, 2014; Martins et Cabral, 2012; Oulahan et autres, 2015
Économique	GOVTRANSFER	Prestataires de paiements de transfert	Revenu — échantillon total (personnes des deux sexes)/ Total — Statistiques du revenu en 2015 pour la population âgée de 15 ans et plus dans les ménages privés — Données intégrales (100 %) / Nombre de bénéficiaires de transferts gouvernementaux âgés de 15 ans et plus dans les ménages privés	La réception des paiements de transfert peut révéler des ressources financières limitées, de même que la marginalisation et une dépendance au filet de sécurité sociale.	Cutter et autres, 2003; Jones et Andrey, 2007; Khan, 2012; Odeh, 2002
Économique	LOWINCOME	Revenu familial annuel inférieur à 30 000 \$ (après impôt) (en %)	Prevalence of low income based on the Low-income cut-offs, after tax (LICO-AT) (%)	Recovering from losses is harder	Andrey et Jones, 2008; J. Chakraborty et autres, 2005; L. Chakraborty et autres, 2020; Collins et autres, 2009; Cutter et autres, 2003; Greiving et autres, 2006; Holand et autres, 2011; Oulahan et autres, 2015

Économique	LOWINCSENIOR	Revenu familial annuel inférieur à 30 000 \$ (après impôt) pour les personnes âgées (de 65 ans ou plus)	Prévalence du faible revenu selon les Seuils de faible revenu après impôt (SFR-Apl) (en %) / 65 ans et plus (en %)	Les personnes âgées dont le revenu fixe est limité (p. ex. économies, régimes de retraite) ont tendance à disposer d'un moindre revenu disponible ou de moins de ressources économiques pour investir dans des mesures de préparation ou d'adaptation.	L. Chakraborty et autres, 2020, 2021, 2022
Économique	SHELTCOSTR	Ménages consacrant 30 % ou plus de leur revenu à leurs frais de logement	Logement — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Ménages propriétaires et locataires dont le revenu total du ménage est supérieur à zéro, dans les logements privés non agricoles, hors réserve selon le rapport des frais de logement au revenu — Données-échantillon (25 %) / 30 % ou plus du revenu est consacré aux frais de logement	Les ménages qui consacrent une plus forte proportion de leur revenu au logement ont tendance à disposer d'un moindre revenu disponible ou de moins de ressources économiques pour investir dans des mesures de préparation ou d'adaptation.	L. Chakraborty et autres, 2020, 2021, 2022
Économique	UNEMPRATE	Personnes sans emploi de 15 ans ou plus (en %)	Travail — échantillon total (personnes des deux sexes) / Population totale âgée de 15 ans et plus selon la situation d'activité - Données-échantillon (25 %) / Population active / Chômeurs	Dans les communautés dont les taux de chômage sont plus élevés, des membres de la population ont des ressources limitées, qui peuvent dépendre des programmes d'aide financière du gouvernement ou du filet de sécurité sociale.	Andrey et Jones, 2008; Armaş et Gavriş, 2013; Bjarnadottir et autres, 2011; Cutter et autres, 2003, 2008; Flanagan et autres, 2011; Holand et autres, 2011; Khan, 2012; Lee, 2014; Lixin et autres, 2014
Économique	MEDHHINC	Revenu total médian en 2015 (en \$)	Revenu — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Statistiques du revenu en 2015 pour les ménages privés selon la taille du ménage — Données intégrales (100 %) / Revenu total médian des ménages en 2015 (\$)	Diminue les défis associés au rétablissement après les pertes	Andrey et Jones, 2008; Collins et autres, 2009; Cutter et autres, 2003; Greiving et autres, 2006; Oulahen et autres, 2015

Économique	MEDHOMVAL	Valeur médiane des logements (en \$)	Logement — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Ménages propriétaires dans les logements privés non agricoles, hors réserve — Données-échantillon (25 %) / Valeur médiane des logements (\$)	Un indicateur approximatif de la richesse, qui améliore la résilience	Andrey et Jones, 2008; J. Chakraborty et autres, 2005; Cutter et autres, 2003; Flanagan et autres, 2011; Tate, 2013; Wood et autres, 2010a; Wu et autres, 2002
Économique	NILF ²	Personnes (de 15 ans ou plus) qui ne font pas partie de la population active (en %)	Travail — échantillon total (personnes des deux sexes) / Population totale âgée de 15 ans et plus selon la situation d'activité - Données-échantillon (25 %) / Population inactive	Ces personnes sont plus susceptibles de subir plus des difficultés économiques, et elles disposent moins de ressources financières à consacrer aux mesures de préparation, d'adaptation et de rétablissement.	L. Chakraborty et autres, 2020, 2021, 2022
Démographique	POPDENSITY	Densité de population	Population et logements / Densité de la population au kilomètre carré	Peut s'accompagner de défis sur le plan des évacuations	Cutter et autres, 2003; Fekete, 2009; Holand et autres, 2011; Holand et Lujala, 2013; Jones et Andrey, 2007; Khan, 2012; Martins et Cabral, 2012; Oulahan et autres, 2015
Démographique	BELOW15	Résidents ayant 15 ans ou moins (en %)	Âge et sexe — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total — Répartition (%) de la population par grands groupes d'âge — Données intégrales (100 %); échantillon total (personnes des deux sexes) / personnes de 0 à 14 ans	Lors d'une évacuation, ces personnes dépendent de la personne qui prend soin d'elles	Cutter et autres, 2003; Hebb et Mortsch, 2007; Oulahan et autres, 2015; Wu et autres, 2002

² La catégorie statistique NILF (*Not in Labour Force*; en français : personne inactive) englobe les personnes qui ne sont ni employées, ni sans emploi, p. ex. les étudiants, les personnes au foyer, les personnes à la retraite, les travailleurs saisonniers en dehors de leur saison d'activités qui ne sont pas à la recherche de travail et les personnes incapables de travailler en raison d'une maladie ou d'une invalidité de longue durée.

Démographique	SENIOR	Résidents de 65 ans ou plus (en %)	Total — Répartition (%) de la population par grands groupes d'âge - Données intégrales (100 %) — échantillon total (personnes des deux sexes) / personnes de 65 ans et plus	Défis de mobilité associés à des problèmes de santé et moindre revenu fixe	Andrey et Jones, 2008; Bjarnadottir et autres, 2011; Collins et autres, 2009; Cutter et autres, 2003; Greiving et autres, 2006; Hebb et Mortsch, 2007; Khan, 2012; Tate, 2013
Démographique	FEFAMLE	Population féminine (en %)	Total — Groupes d'âge et âge moyen de la population - Données intégrales (100 %); personnes de sexe féminin	Les femmes reçoivent (en moyenne) un salaire inférieur et peuvent assumer d'importantes responsabilités parentales.	Bjarnadottir et autres, 2011; Collins et autres, 2009; Cutter et autres, 2003, 2008; Greiving et autres, 2006; Khan, 2012; Lee, 2014; Tate, 2013; Wood et autres, 2010b; Wu et autres, 2002)
Culturel	RECENTIM-MIGNT	Personnes ayant récemment immigré (en %)	Total — Statut d'immigrant et période d'immigration pour la population dans les ménages privés — Données-échantillon (25 %) / Immigrants / 2011 à 2016	Ces personnes ont un moindre accès aux possibilités d'aide financière après une catastrophe; elles peuvent ne pas avoir accès au privilège d'un emploi bien rémunéré	Andrey et Jones, 2008; Oulahen et autres, 2015
Culturel	FIRSTGEN	Résidents qui ont un statut de première génération (en %)	Statut des générations/ Première génération	Ces caractéristiques peuvent être associées à des différences sur le plan du statut socio-économique, à des obstacles sur le plan culturel ou sur celui des communications (notamment, lorsque les sources d'information préférées de ces personnes ne sont pas largement utilisées). Ces facteurs peuvent compliquer les mesures de préparation, d'adaptation et de rétablissement.	L. Chakraborty et autres, 2020, 2022; Cutter et autres, 2003, 2008; Emrich et Cutter, 2011; Holand et Lujala, 2013; Schmidlein et autres, 2008)
Culturel	VISMIN	Résidents qui ne sont pas des personnes autochtones, qui ne sont pas de race blanche et qui n'ont pas la peau blanche.	Personnes autochtones et minorités visibles — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total - Minorités visibles pour la population dans les ménages privés — Données-échantillon (25 %) — Population des minorités visibles		Voir ci-dessus
Culturel	INDIGENOUS	Personnes autochtones (en %)	Personnes autochtones et minorités visibles — échantillon total (personnes des deux sexes) / Total - Identité autochtone pour la population dans les ménages privés - Données-échantillon (25 %) / Identité autochtone		Voir ci-dessus

Références

- Andrey, J., et Jones, B. (2008). The dynamic nature of social disadvantage: Implications for hazard exposure and vulnerability in Greater Vancouver. *The Canadian Geographer / Le Géographe Canadien*, 52(2), 146–168. doi.org/10.1111/j.1541-0064.2008.00206.x
- Armaş, I., et Gavriş, A. (2013). Social vulnerability assessment using spatial multi-criteria analysis (SEVI model) and the Social Vulnerability Index (SoVI model) – a case study for Bucharest, Romania. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(6), 1481–1499. doi.org/10.5194/nhess-13-1481-2013
- Bjarnadottir, S., Li, Y., et Stewart, M. G. (2011). Social vulnerability index for coastal communities at risk to hurricane hazard and a changing climate. *Natural Hazards*, 59(2), 1055–1075. doi.org/10.1007/s11069-011-9817-5
- Chakraborty, J., Tobin, G. A., et Montz, B. E. (2005). Population evacuation: Assessing spatial variability in geophysical risk and social vulnerability to natural hazards. *Natural Hazards Review*, 6(1), 23–33. [doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2005\)6:1\(23\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2005)6:1(23))
- Chakraborty, L., Rus, H., Henstra, D., Thistlethwaite, J., Minano, A., et Scott, D. (2022). Exploring spatial heterogeneity and environmental injustices in exposure to flood hazards using geographically weighted regression. *Environmental Research*, 210, 112982. doi.org/10.1016/j.envres.2022.112982
- Chakraborty, L., Rus, H., Henstra, D., Thistlethwaite, J., et Scott, D. (2020). A place-based socioeconomic status index: Measuring social vulnerability to flood hazards in the context of environmental justice. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 43, 101394. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101394
- Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Minano, A., Henstra, D., et Scott, D. (2021). Leveraging Hazard, Exposure, and Social Vulnerability Data to Assess Flood Risk to Indigenous Communities in Canada. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(6), 821–838. doi.org/10.1007/s13753-021-00383-1
- Collins, T. W., Grineski, S. E., et Aguilar, M. de L. R. (2009). Vulnerability to environmental hazards in the Ciudad Juárez (Mexico)–El Paso (USA) metropolis: A model for spatial risk assessment in transnational context. *Applied Geography*, 29(3), 448–461. doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.10.005
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., et Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., et Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. doi.org/10.1111/1540-6237.8402002
- Emrich, C. T., et Cutter, S. L. (2011). Social Vulnerability to Climate-Sensitive Hazards in the Southern United States. *Weather, Climate, and Society*, 3(3), 193–208. doi.org/10.1175/2011WCAS1092.1

- Fekete, A. (2009). Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(2), 393–403.
doi.org/10.5194/nhess-9-393-2009
- Flanagan, B. E., Gregory, E. W., Hallisey, E. J., Heitgerd, J. L., et Lewis, B. (2011). A social vulnerability index for disaster management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 8(1). doi.org/10.2202/1547-7355.1792
- Greiving, S., Fleischhauer, M., et Lückenötter, J. (2006). A methodology for an integrated risk assessment of spatially relevant hazards. *Journal of Environmental Planning and Management*, 49(1), 1–19. doi.org/10.1080/09640560500372800
- Hebb, A., et Mortsch, L. (2007). Floods: Mapping vulnerability in the Upper Thames watershed under a changing climate. *Project Report XI, University of Waterloo*, 1–53.
www.eng.uwo.ca/research/iclr/fids/publications/cfcas-climate/reports/vulnerability_mapping_report.pdf
- Holand, I. S., et Lujala, P. (2013). Replicating and Adapting an Index of Social Vulnerability to a New Context: A Comparison Study for Norway. *The Professional Geographer*, 65(2), 312–328. doi.org/10.1080/00330124.2012.681509
- Holand, I. S., Lujala, P., et Rød, J. K. (2011). Social vulnerability assessment for Norway: A quantitative approach. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 65(1), 1–17. doi.org/10.1080/00291951.2010.550167
- Jones, B., et Andrey, J. (2007). Vulnerability index construction: Methodological choices and their influence on identifying vulnerable neighbourhoods. *International Journal of Emergency Management*, 4(2), 269. doi.org/10.1504/IJEM.2007.013994
- Khan, S. (2012). Vulnerability assessments and their planning implications: A case study of the Hutt Valley, New Zealand. *Natural Hazards*, 64(2), 1587–1607.
doi.org/10.1007/s11069-012-0327-x
- Lee, Y.-J. (2014). Social vulnerability indicators as a sustainable planning tool. *Environmental Impact Assessment Review*, 44, 31–42. doi.org/10.1016/j.eiar.2013.08.002
- Lixin, Y., Xi, Z., Lingling, G., et Dong, Z. (2014). Analysis of social vulnerability to hazards in China. *Environmental Earth Sciences*, 71(7), 3109–3117.
doi.org/10.1007/s12665-013-2689-0
- Martins, V. N., et Cabral, P. (2012). Social vulnerability assessment to seismic risk using multicriteria analysis: The case study of Vila Franca do Campo (São Miguel Island, Azores, Portugal). *Natural Hazards*, 62(2), 385–404.
doi.org/10.1007/s11069-012-0084-x
- Odeh, D. J. (2002). Natural hazards vulnerability assessment for statewide mitigation planning in Rhode Island. *Natural Hazards Review*, 3(4), 177–187.
[doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2002\)3:4\(177\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2002)3:4(177))
- Oulahen, G., Mortsch, L., Tang, K., et Harford, D. (2015). Unequal Vulnerability to Flood Hazards: “Ground Truthing” a Social Vulnerability Index of Five Municipalities in Metro Vancouver, Canada. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(3), 473–495. doi.org/10.1080/00045608.2015.1012634

- Saatcioglu, M. (2013). High-Rise Buildings in Natural Disaster. In P. T. Bobrowsky (Ed.), *Encyclopedia of Natural Hazards* (pp. 451–452). Springer Netherlands.
doi.org/10.1007/978-1-4020-4399-4_168
- Schmidtlein, M. C., Deutsch, R. C., Piegorsch, W. W., et Cutter, S. L. (2008). A Sensitivity Analysis of the Social Vulnerability Index. *Risk Analysis*, 28(4), 1099–1114.
doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01072.x
- Statistique Canada. (20 mars). *Peuples autochtones [page Web]*. www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2021/rt-td/indigenous-autochtones-fra.cfm
- Tate, E. (2012). Social vulnerability indices: A comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. *Natural Hazards*, 63(2), 325–347.
doi.org/10.1007/s11069-012-0152-2
- Tate, E. (2013). Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(3), 526–543. doi.org/10.1080/00045608.2012.700616
- Wood, N. J., Burton, C. G., et Cutter, S. L. (2010a). Community variations in social vulnerability to Cascadia-related tsunamis in the US Pacific Northwest. *Natural Hazards*, 52(2), 369–389. doi.org/10.1007/s11069-009-9376-1
- Wood, N. J., Burton, C. G., et Cutter, S. L. (2010b). Community variations in social vulnerability to Cascadia-related tsunamis in the U.S. Pacific Northwest. *Natural Hazards*, 52(2), 369–389. doi.org/10.1007/s11069-009-9376-1
- Wu, S.-Y., Yarnal, B., et Fisher, A. (2002). Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: A case study of Cape May County, New Jersey, USA. *Climate Research*, 22(3), 255–270.
doi.org/10.3354/cr022255

ANNEXE E :

CRÉATION DE CARTES WEB DES IVS AVEC ARCGIS

Les prochaines pages présentent la méthode utilisée pour créer des cartes Web de l'indice de vulnérabilité sociale (IVS) et de ses composantes (p. ex. l'insécurité économique et l'instabilité de voisinage) dans le cadre du projet que Partner's for Action (P4A) a réalisé en 2023 pour la Croix-Rouge canadienne : *Résilience inclusive : indice de vulnérabilité socio-économique (IVS) pour cartographier les risques d'inondation en vue de communications ciblées*.

La dérivation de l'IVS échappe à la portée du présent document. De plus amples informations à ce sujet se trouvent dans les articles de Chakraborty et autres (2022, 2020). Autrement dit, **avant de suivre les étapes décrites ci-dessous pour créer une carte, vous devez déterminer les valeurs associées à l'indice et produire le ou les polygones connexes.**

1. Définir les classes d'IVS (au moyen de la méthode de l'écart-type)

Voici la marche à suivre pour définir les grappes :

- La moyenne des valeurs de l'indice (χ_i) est calculée (μ)
- L'écart-type des valeurs de l'indice est calculé (σ)
- Toutes les valeurs de l'indice font l'objet d'une distribution normative selon le score Z (Z_i ; moyenne de zéro, écart-type =1) comme suit :
 - $Z_i = \frac{\chi_i - \mu}{\sigma}$ où Z_i est la valeur normative de l'indice
- Selon la valeur de Z_i cette variable se classera dans l'un des trois groupes suivants :
 - If $Z_i < 0$: Faible (classe -1)
 - If $0 \leq Z_i < 1$: Modéré (classe 0)
 - If $Z_i \geq 0$: Élevé (classe 1)
 - En cas de valeur manquante (compte tenu de restrictions d'accès aux données), une classe distincte est désignée (p. ex. - 5)
 - Enregistrez les valeurs dans un fichier CSV

Il s'agit de la méthode de l'écart-type; ArcGIS peut classer les variables selon cette méthode. Toutefois, si la classification s'effectue manuellement, les classes pourront être ajoutées directement au tableau d'attributs du fichier de formes.

2. Ajouter les classes aux fichiers de formes d'origine

Cette marche à suivre repose sur les éléments d'interface utilisateur en anglais. À noter qu'il est aussi possible d'utiliser une version française de l'interface utilisateur du logiciel.

- Ouvrez **ArcGIS Pro** (ou **ArcGIS Desktop**).
- Au moyen de la touche d'insertion, créez une nouvelle carte.
- Sous l'onglet des cartes (**Map**), ajoutez les données de la couche de l'IVS (**Add Data**) et le fichier CSV enregistré.
- **Cliquez avec le bouton droit de la souris** sur la couche de l'IVS, puis sélectionnez **Join and Relates** et **Add Join**.
- Créez un tableau conjoint (**Join**) au moyen de l'identifiant **FID** (la colonne FID doit apparaître dans le fichier CSV).
- Exportez le nouveau fichier de forme.
- Comprimez tous les fichiers associés au fichier de forme (*pas seulement celui-ci!*).

3. Créer l'application de cartes Web

Partie 1 : Créer la carte en ligne

Avant d'entreprendre la création de l'application Web, il convient de concevoir la carte en ligne (ou carte Web).

- Ouvrez une session avec votre compte en ligne ArcGIS (www.arcgis.com/index.html)
- Rendez-vous à l'onglet **Content**
- Cliquez sur **New Item** (nouvel élément), puis téléversez le fichier compressé
- Rendez-vous à l'onglet **Map**
- **Ajoutez** la couche téléversée

Cet environnement ressemble à ArcGIS Desktop.

- **Sélectionnez la colonne des classes** (que vous avez ajoutée au tableau des attributs, les classifications) comme variable d'intérêt et renommez les classes selon les seuils et les valeurs des classes (p. ex. faible, modéré, élevé).
- Configurez la visibilité, la transparence et d'autres paramètres de mise en forme.
- Sélectionnez votre carte de référence (**basemap**). Vous pourrez paramétrer la projection de la carte. Il convient donc de l'aligner sur les autres couches.
- Cliquez sur **Enregistrer** lorsque vous aurez terminé.

Partie 2 : Concevoir l'application Web

- De nouveau, rendez-vous à l'onglet **Content**.
- Cliquez sur **Create App** (créer une application), puis sélectionnez **Webapp Builder**.
- Dans la page qui s'affichera, indiquez le nom du projet, puis remplissez la section de la description (hautement recommandé).
- Sélectionnez le thème (**Theme**) qui convient le mieux à votre application.

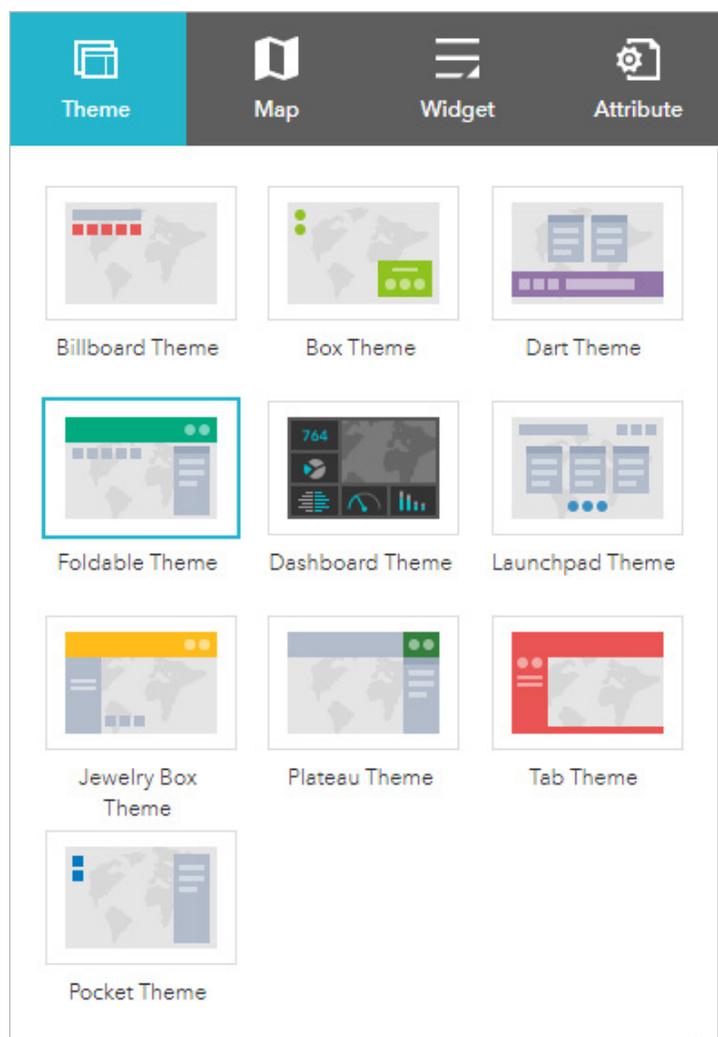


Figure 1 : Les thèmes prêts à l'emploi qui permettent de configurer l'aspect général de l'application

- Sous l'onglet **Map**, sélectionnez la carte d'intérêt (celle que vous avez élaborée lors des précédentes étapes).

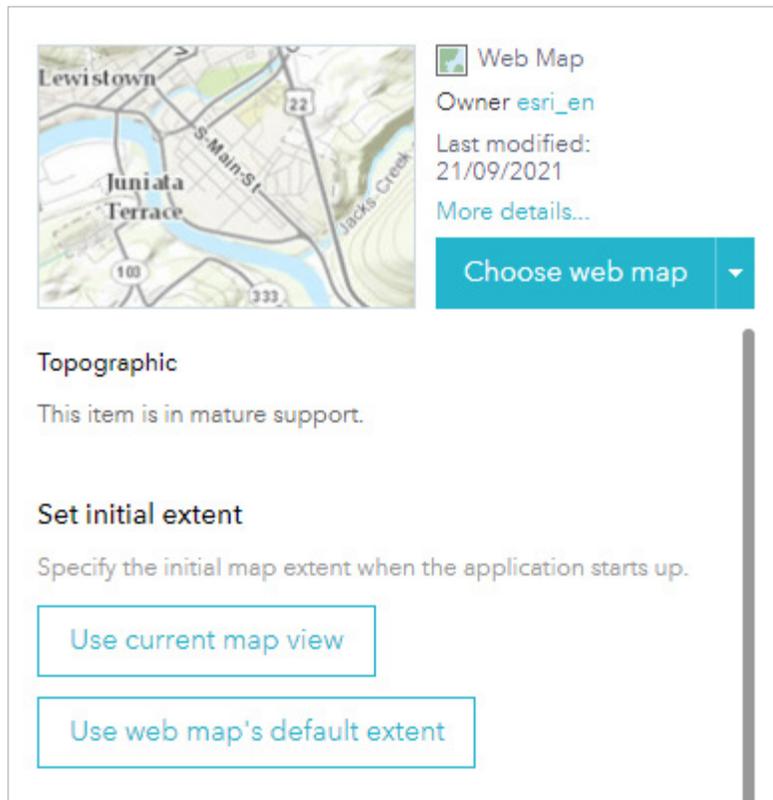


Figure 2 : Sélectionnez la carte Web.

- Personnalisez les composants d'interface graphique au moyen de l'onglet **Widget**. Plusieurs options s'offrent à vous. La présentation de ces composants dépendra toutefois du thème choisi (sous l'onglet **Theme**) pour l'application Web.
- Modifiez le titre, l'icône et la description de la carte sous l'onglet **Attribute**.

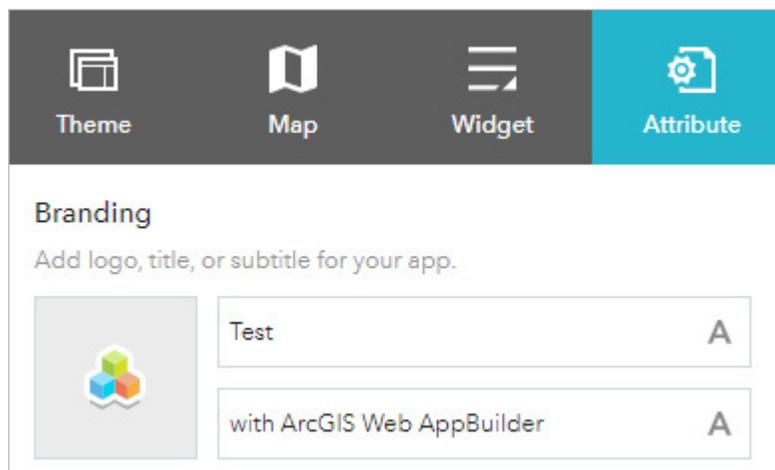


Figure 3 : L'onglet des attributs (Attribute).

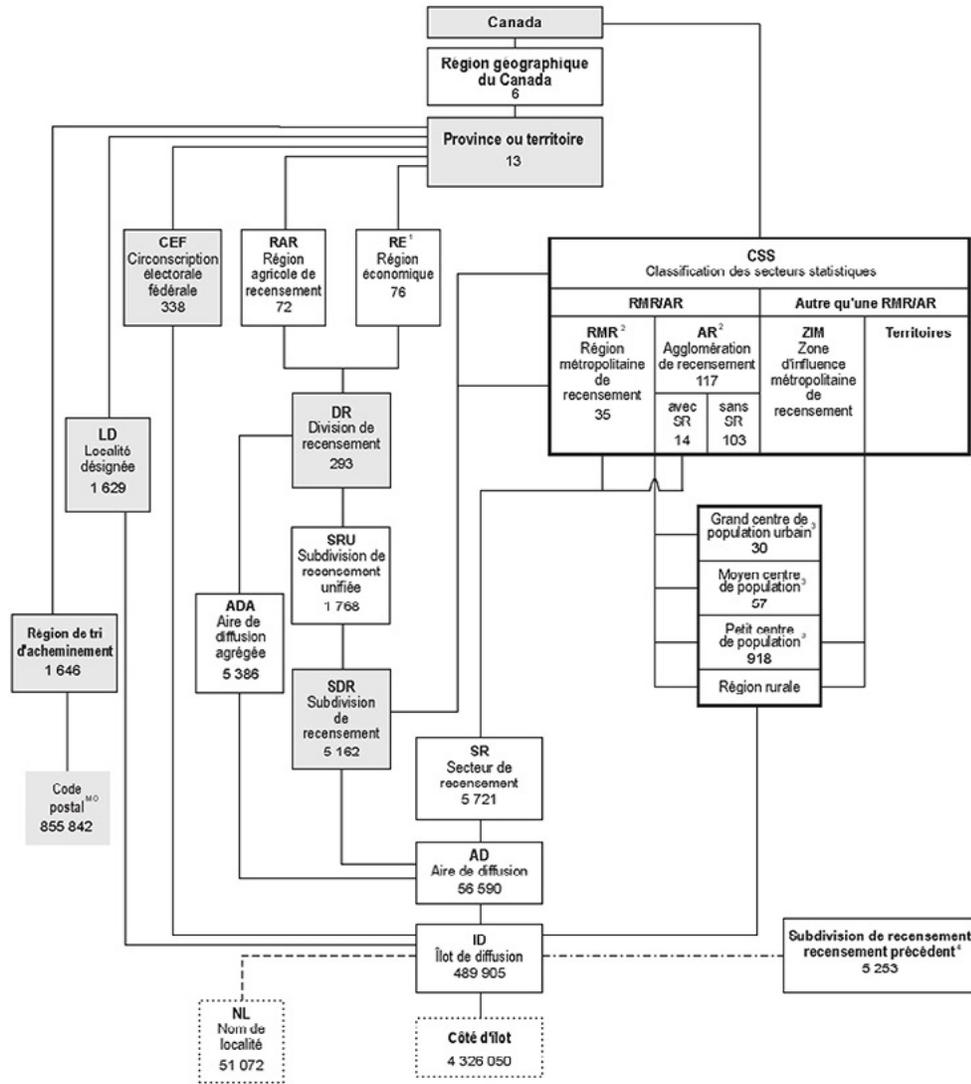
Conclusion : Plusieurs possibilités et options ne sont pas abordées dans le présent document. La meilleure façon de découvrir les fonctionnalités du **Webapp Builder** est de le mettre à l'essai.

4. Références

Chakraborty, L., Rus, H., Henstra, D., Thistlethwaite, J. et Scott, D., (2020). A place-based socioeconomic status index: Measuring social vulnerability to flood hazards in the context of environmental justice. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 43: 101394. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101394

Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Scott, D., Henstra, D., Minano, A., et Rus, H. (2022). Assessing social vulnerability and identifying spatial hotspots of flood risk to inform socially just flood management policy. *Risk Analysis* 43(5): 1058-1078. doi.org/10.1111/risa.13978.

ANNEXE F : HIÉRARCHIE DES RÉGIONS GÉOGRAPHIQUES NORMALISÉES POUR LA DIFFUSION, RECENSEMENT DE 2016



1. Les régions économiques (RE) sont constituées de divisions de recensement (DR) complètes à l'exception d'une DR en Ontario.
2. Certaines régions métropolitaines de recensement (RMR) et agglomérations de recensement (AR) chevauchent les limites provinciales.
3. Les centres de population (CTRPOP) du recensement précédent sont utilisés pour délimiter les RMR et les AR du recensement actuel; certains CTRPOP chevauchent les limites provinciales.
4. Un couplage selon un ajustement optimal est établi entre les subdivisions de recensement (SDR) du recensement précédent et les îlots de diffusion (ID) du recensement actuel pour faciliter l'extraction de données historiques.

- Région administrative
- Région statistique
- Polygone
- Point représentatif
- Couplage selon un ajustement optimal
- Appariement à l'aide du processus de points dans un polygone

Adaptation de Statistique Canada, 2017

RÉFÉRENCES

- Adams, R., Evans, C., et Peek, L. (2020). Mortality from forces of nature among older adults by race/ethnicity and gender. *Journal of Applied Gerontology* 40 (11): 1517-1526.
doi.org/10.1177/0733464820954676
- Adger, W. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* 16 (3): 268-281.
doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (octobre 2022) *CDC/ATSDR SVI Fact Sheet*. Consulté en décembre 2022; source :
www.atsdr.cdc.gov/placeandhealth/svi/fact_sheet/fact_sheet.html
- AghaKouchak, A., Huning, L.S., Chiang, F., Sadegh, M., Vahedifard, F., Mazdiyasni, O., et Mallakpour, I. (2018). How do natural disasters cascade to cause disasters? *Nature* 561: 458-460. doi.org/10.1038/d41586-018-06783-6
- AghaKouchak, A., Chiang, F., Huning, L.S., Love, C.A., Mallakpour, I., Mazdiyasni, O., Moftakhari, H., Papalexioiu, S.M., Ragno, E., et Sadegh, M. (2020). Climate extremes and compound hazards in a warming world. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 48: 519-548. doi.org/10.1146/annurev-earth-071719-055228
- Agyapong, B., Shalaby, R., Eboreime, E., Obuobi-Donkor, G., Owusu, E., Adu, M., Mao, W., Olywasina, F., et Agyapong, V. (2022). Cumulative trauma from multiple natural disasters increases mental health burden on residents of Fort McMurray. *European Journal of Psychotraumatology* 13 (1): 1-15.
doi.org/10.1080/20008198.2022.2059999
- Al-Baldawi, Z., Pickering, C., Champagne-Poirier, O., et O'Sullivan, T. (2021). Framing of youth as a high-risk population in Canadian disaster news media. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 58: 1-9. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102174
- Alderman, K., Turner, L. R., et Tong, S. (2012). Floods and human health: A systematic review. *Environmental International* 47: 37-47. doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.003
- Aldrich, N., et Benson, W. (2008). Disaster preparedness and the chronic disease needs of vulnerable older adults. *Preventing Chronic Disease* 5 (1).
www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2248769/
- Anderson, C., Hagenlocher, M., Renaud, F., Sebesvari, Z., Cutter, S., et Emrich, C. (2019). Comparing index-based vulnerability assessments in the Mississippi Delta: Implications of contrasting theories, indicators, and aggregation methodologies. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 39: 101128.
doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101128

- Andrew, M., et Keefe, J. (2014). Social vulnerability from a social ecology perspective: a cohort study of older adults from the National Population Health Survey of Canada. *Biomedical Centre Geriatrics 14* (90): 1-14. doi.org/10.1186/1471-2318-14-90
- Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis, 27*: 93-115. doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x
- Anselin, L., Syabri, I. et Kho, Y. (2009). GeoDa: an introduction to spatial data analysis. *Handbook of applied spatial analysis: Software tools, methods and applications* (pp. 73-89). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7_5
- An, R. et Xiang, X. (2015). Social vulnerability and leisure-time physical inactivity among U.S. adults. *American Journal of Health Behavior 39* (6): 751-760. doi.org/10.5993/AJHB.39.6.2
- Arnell, N. W., et Lloyd-Hughes, B. (2014). The global-scale impacts of climate change on water resources and flooding under new climate and socio-economic scenarios. *Climatic Change 122*(1); 127–140. doi.org/10.1007/s10584-013-0948-4
- Arshad, M., Mughal, M., Giallo, R., et Kingston, D. (2020). Predictors of child resilience in a community-based cohort facing flood as natural disaster. *BioMed Central Psychiatry 20*: 543. doi.org/10.1186/s12888-020-02944-y
- Ballard, M., et Thompson, S. (2013). Flooding hope and livelihoods: Lake St. Martin First Nation. *Canadian Journal of Non-profit and Social Economy Research 4* (1): 43-65. doi.org/10.22230/cjnser.2013v4n1a129
- Bankoff, G. (2001). Rendering the world unsafe: 'Vulnerability' as Western discourse. *Disasters 25* (1): 19-35. doi.org/10.1111/1467-7717.00159
- Biggs, E., Maloney, P., Rung, A., Peters, E., et Robinson, W. (2021). The relationship between social vulnerability and COVID-19 incidence among Louisiana census tracts. *Frontiers in Public Health 8*: 1-7. doi.org/10.3389/fpubh.2020.617976
- Bjarnadottir, S., Li, Y. et Stewart, M. (2011). Social vulnerability index for coastal communities at risk to hurricane hazard and a changing climate. *Natural Hazards 59*: 1055–1075. doi.org/10.1007/s11069-011-9817-5
- Bro, R., et Smilde, A. (2014). Principal component analysis. *Analytical Methods, 6*(9), 2812–2831. doi.org/10.1039/C3AY41907J
- Bouikidis, A., et Tynan, K. (2022). Social infrastructure and community resilience. In S. Safaie, S. Johnstone, et N. Hastings (Eds.), *Resilience pathways report: Co-creating new knowledge for understanding risk and resilience in British Columbia*. Geological Survey of Canada, Open File 8910. doi.org/10.4095/330521

- Buckland, J., et Rahman, M. (1999). Community-based disaster management during the 1997 Red River Flood in Canada. *Disasters* 23 (2): 174–191. doi.org/10.1111/1467-7717.00112
- Burton, C., et Cutter, S. (2008). Levee failures and social vulnerability in the Sacramento- San Joaquin Delta area, California. *Natural Hazards Review* 9 (3): 1-14. [doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2008\)9:3\(136\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2008)9:3(136))
- Burton, H., Rabito, F., Danielson, L., et Takaro, T. (2016) Health effects of flooding in Canada: A 2015 review and description of gaps in research. *Canadian Water Resources Journal* 41 (1-2): 238-249. doi.org/10.1080/07011784.2015.1128854
- Bush, E., et Lemmen, D.S. (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*. Gouvernement du Canada : Ottawa, ON. changingclimate.ca/CCCR2019/fr
- Fondation Canadienne des femmes. (mai 2022). *Insights from the Gender Justice Labs on Emergency Preparedness*. canadianwomen.org/wp-content/uploads/2022/06/Gender-Justice-Labs-Final-Report-EN.pdf
- Carroll, B., Morbey, H., Balogh, R., et Araoz, G. (2009). Flooded homes, broken bonds, the meaning of home, psychological processes and their impact on psychological health in a disaster. *Health et Place* 15 (2): 540-547. doi.org/10.1016/j.healthplace.2008.08.009
- Chakraborty, L., Rus, H., Henstra, D., Thistlethwaite, J., et Scott, D. (2020). A place-based socio-economic status index: Measuring social vulnerability to flood hazards in the context of environmental justice. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 43: 101394. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101394
- Chakraborty, L. (2021). *Social Equity Dimensions of Flood Risk Management in Canada*. Doctoral Thesis, Department of Geography and Environmental Management, University of Waterloo. UWSpace. hdl.handle.net/10012/17156
- Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Minano, A., Henstra, D., et Scott, D. (2021). Leveraging hazard, exposure, and social vulnerability data to assess flood risk to Indigenous communities in Canada. *International Journal of Disaster Risk Science* 12: 821–838. doi.org/10.1007/s13753-021-00383-1
- Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Scott, D., Henstra, D., Minano, A., et Rus, H. (2022). Assessing social vulnerability and identifying spatial hotspots of flood risk to inform socially just flood management policy. *Risk Analysis*: 43 (5): 1-21. doi.org/10.1111/risa.13978
- Chang, S., Yip, J., van Zijll de Jong, S., Chaster, R., et Lowcock, A. (2015). Using vulnerability indicators to develop resilience networks: a similarity approach. *Natural Hazards* 78: 1827–1841. doi.org/10.1007/s11069-015-1803-x

- Chang, S., Yip, J., Conger, T., Oulahan, G., et Marteleira, M. (2018). Community vulnerability to coastal hazards: Developing a typology for disaster risk reduction. *Applied Geography* 91: 81-88. doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.017
- Chang, S., Yip, J., Conger, T., Oulahan, G., Gray, E., et Marteleira, M. (2020). Explaining communities' adaptation strategies for coastal flood risk: Vulnerability and institutional factors. *Journal of Flood Risk Management* 13 (4): e12646. doi.org/10.1111/jfr3.12646
- Chmutina, K., von Meding, J., Williams, D., Vickery, J., et Purdum, C. (2023). From pity to fear: Security as a mechanism for (re)production of vulnerability. *Disasters* 47 (3): 546-562. doi.org/10.1111/disa.12568
- Cole, J., et Murphy, B. (2014). Rural hazard risk communication and public education: Strategic and tactical best practices. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 10: 292–304. doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.10.001
- Collins, T., Grineski, S., et Chakraborty, J. (2018). Environmental injustice and flood risk: A conceptual model and case comparison of metropolitan Miami and Houston, USA. *Regional Environmental Change* 18: 311-323. doi.org/10.1007/s10113-017-1121-9
- Cutter, S. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography* 20: 52-539. doi.org/10.1177/030913259602000407
- Cutter, S., Boruff, B., Shirley, W. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly* 84 (2): 242-261. doi.org/10.1111/1540-6237.8402002
- Cutter, S., Emrich, C., Morath, D., et Dunning, C. (2013). Integrating social vulnerability into federal flood risk management planning. *Journal of Flood Risk Management* 6 (4): 332–344. doi.org/10.1111/jfr3.12018
- Cutter, S., et Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (7): 2301–2306. doi.org/10.1073/pnas.0710375105
- Cutter, S., et Smith, M. (2009). Fleeing from the hurricane's wrath: Evacuation and the two Americas. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 51 (2): 26-36. www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.3200/ENVT.51.2.26-36
- Dancause, K., Laplante, D., Hart, K., O'Hara, M., Elgebeili, G., Brunet, A., King, S. (2015). Prenatal stress due to a natural disaster predicts adiposity in childhood: The Iowa flood study. *Journal of Obesity*: 570541. doi.org/10.1155/2015/570541

- Davis, J., Wilson, S., Brock-Martin, A., Glover, S., et Svendsen, E. (2010). The impact of disasters on populations with health and health care disparities. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness* 4 (1): 30-38. doi.org/10.1017%2Fs1935789300002391
- de Oliveira Mendes, J. (2009). Social vulnerability indexes as planning tools: Beyond the preparedness paradigm. *Journal of Risk Research* 12 (1): 43-58. doi.org/10.1080/13669870802447962
- Drolet, J., McDonald-Harker, C., Lalani, N., et Tran, J. (2020). Impacts of the 2013 flood on immigrant children, youth, and families in Alberta Canada. *International Journal of Social Work* 2 (2): doi.org/10.5296/ijsw.v7i1.16872
- Duncan, O. (1969). *Towards Social Reporting: New Steps*. New York: Russell Sage Foundation.
- Duncan, O. (1984). *Notes on Social Measurement, Historical and Critical*. Beverly Hills, California; Russell Sage Foundation.
- Emrich, C., Tate, E., Larson, S., et Zhou, Y. (2020). Measuring social equity in flood recovery funding. *Environmental Hazards* 19 (3): 228-250. doi.org/10.1080/17477891.2019.1675578
- Enarson, E. (1999a). Violence against women in disasters: A study of domestic violence programs in the United States and Canada. *Violence Against Women* 5 (7): 742-768. doi.org/10.1177/10778019922181464
- Enarson, E. (1999b). Women and housing issues in two U.S. flood: Hurricane Andrew and the Red River Valley Flood. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters* 17 (1): 39-63. doi.org/10.1177/028072709901700103
- Enarson, E., et Scanlon, J. (1999). Gender patterns in flood evacuation: A case study in Canada's Red River Valley. *Applied Behavioural Science Review* 7 (2): 103-124. [doi.org/10.1016/S1068-8595\(00\)80013-6](https://doi.org/10.1016/S1068-8595(00)80013-6)
- Environics Analytics. (sans date). *Social Vulnerability Index*. Consulté en décembre 2022. environicsanalytics.com/en-ca/data/health-databases/social-vulnerability-index
- Environics Analytics. (mai 2020). *The many faces of vulnerability in the time of COVID-19* [étude]. Consulté en décembre 2022. environicsanalytics.com/en-ca/resources/blogs/ea-blog/2020/05/08/the-many-faces-of-vulnerability-in-the-time-of-covid-19-study
- Fatemi, F., Ardalan, A., Aguirre, B., Mansouri, N., et Mohammadfam, I. (2017). Social vulnerability indicators in disasters: Findings from a systemic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 22: 219-227. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.09.006

- Ferré, L. (1995). Selection of components in principal component analysis: A comparison of methods. *Computational Statistics et Data Analysis* 19 (6): 669–682.
[doi.org/10.1016/0167-9473\(94\)00020-J](https://doi.org/10.1016/0167-9473(94)00020-J)
- Fielding, J., et Burningham, K. (2005). Environmental inequality and flood hazard. *International Journal of Justice and Sustainability* 10 (4): 379–395.
doi.org/10.1080/13549830500160875
- Fienberg, S.E. (1979). Graphical methods in statistics. *The American Statistician* 33 (4): 165-178.
doi.org/10.2307/2683729
- Flanagan, B., Gregory, E., Hallisey, E., Heitgerd, J., et Lewis, B. (2011). A social vulnerability index for disaster management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 8 (1): Article 3. [doi/10.2202/1547-7355.1792/html](https://doi.org/10.2202/1547-7355.1792/html)
- Fuentealba, R. (2021). Divergent disaster events? The politics of post-disaster memory on the urban margin. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 62: 1-11.
doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102389
- Fulton, A., et Drolet, J. (2018). Responding to disaster-related loss and grief: Recovering from the 2013 flood in Southern Alberta, Canada. *Journal of Loss and Trauma* 23 (2): 140-158.
doi.org/10.1080/15325024.2018.1423873
- Furgal, C., et Seguin, J. (2006). Climate change, health, and vulnerability in Canadian northern Aboriginal communities. *Environmental Health Perspectives* 114 (12): 1964-1970.
doi.org/10.1289/ehp.8433
- Goldmann, E., et Galea, S. (2014). Mental health consequences of disasters. *Annual Review of Public Health* 35: 169-183. doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182435
- Gouvernement de l'Alberta. (22 mars 2023). 2021 *Census of Canada: Indigenous People*. Retrieved from open.alberta.ca/dataset/487a7294-06ac-481e-80b7-5566692a6b11/resource/257af6d4-902c-4761-8fee-3971a4480678/download/tbf-2021-census-of-canada-indigenous-people.pdf
- Gray-Scholz, D., Haney, T., et MacQuarrie, P. (2019). Out of sight, out of mind? Geographic and social predictors of flood risk awareness. *Risk Analysis* 39 (11): 2543-2558.
doi.org/10.1111/risa.13357
- Gaur, A., Gaur, A., et Simonovic, S. P. (2018). Future Changes in Flood Hazards across Canada under a Changing Climate. *Water* 10 (10): 1441. doi.org/10.3390/w10101441
- Gill, J.C., et Malamud, B.D. (2016). Hazard interactions and interaction networks (cascades) within multi-hazard methodologies. *Earth System Dynamics* 7 (3): 659-679.
doi.org/10.5194/esd-7-659-2016

- Gutman, G. (2007). *Seniors and disasters: A synthesis of four Canadian case studies*. ccsmh.ca/wp-content/uploads/2016/03/Seniors-and-Disasters-Synthesis-of-Four-Case-Studies.pdf
- Haalboom, B., et Natcher, D. (2012). The power and peril of “vulnerability:” Lending a cautious eye to community labels in climate change research. *Arctic* 65 (3): 319-327. www.jstor.org/stable/41758938
- Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., Rozenberg, J., Treguer, D., et Vogt-Schilb, A. (2016). *Shock waves: Managing the impacts of climate change on poverty*. Washington, DC: World Bank. doi.org/10.1596/978-1-4648-0673-5
- Hamideh, S., Peacock, W., et Van Zandt, S. (2021). Housing type matters for pace of recovery: Evidence from Hurricane Ike. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 57: 1-12. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102149
- Haney, T., et Gray-Scholz, D. (2019). Flooding and the ‘new normal’: What is the role of gender in experiences of post-disaster ontological security? *Disasters* 44 (2): 262-284. doi.org/10.1111/disa.12372
- Hayes, K., Poland, B., Cole, D., et Agic, B. (2020). Psychosocial adaptation to climate change in High River, Alberta: implications for policy and practice. *Canadian Journal of Public Health* 111 (6): 880-889. doi.org/10.17269/s41997-020-00380-9
- Hazard and Vulnerability Research Institute (HVRI). (sans date). SoVI® Social Vulnerability Index for the United States — 2010–14. *University of South Carolina*. Consulté en janvier 2023; source : sc.edu/study/colleges_schools/artsandsciences/centers_and_institutes/hvri/data_and_resources/sovi/index.php
- Heagele, T., et Pacquiao, D. (2019). Disaster vulnerability of elderly and medically frail populations. *Health Emergency and Disaster Nursing* 6: 50-61. doi.org/10.24298/hedn.2016-0009
- Hewitt, K., et Burton, I. (1971). *The hazardousness of a place: A regional ecology of damaging events*. University of Toronto, Department of Geography. Toronto: University of Toronto Press.
- Highfield, W., Peacock, W., et Van Zandt, S. (2014). Mitigation planning: Why hazard exposure, structural vulnerability, and social vulnerability matter. *Journal of Planning Education and Research* 34 (3): 287-300. dx.doi.org/10.1177/0739456X14531828
- Hinkel, J., Lincke, D., Vafeidis, A., Perrette, M., Nicholls, R., Tol, R. Marzeion, B., Fettweis, X., Ionescu, C., et Levermann, A. (2014). Coastal flood damage and adaptation costs under 21st century sea-level rise. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (9): 3292–3297. doi.org/10.1073/pnas.1222469111

- Houghton, A., Austin, J., Beerman, A., et Horton, C. (2017). An approach to developing local climate change environmental public health indicators in a rural district. *Journal of Environmental and Public Health*: 3407325. doi.org/10.1155/2017/3407325
- Insurance Bureau of Canada. (2023, January 18). *Severe weather in 2022 caused \$3.1 billion in insured damage—making it the 3rd worst year for insured damage in Canadian history*. Retrieved from www.abc.ca/news-insights/news/severe-weather-in-2022-caused-3-1-billion-in-insured-damage-making-it-the-3rd-worst-year-for-insured-damage-in-canadian-history
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA. DOI:10.1017/9781009325844. Retrieved from www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/
- Jensen, D. (2021). Multi-dimensional disaster response for older adults. *Humboldt Journal of Social Relations* 43: 10-18. www.jstor.org/stable/48638656
- Journey, M., Yip, J.Z.K., Wagner, C.L., LeSueur, P., et Hobbs, T. (2022). Social vulnerability to natural hazards in Canada: an overview of methods and findings. *Geological Survey of Canada*, Open File 8902. doi.org/10.4095/330295
- Kaiser, H. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor-analysis. *Psychometrika* 23 (3): 187–200. doi.org/10.1007/BF02289233
- Kant, S., Vertinsky, I., Zheng, B., et Smith, P. (2013). Social, cultural, and land use determinants of the health and well-being of Aboriginal peoples in Canada: A path analysis. *Journal of Public Health Policy* 34: 462-472. doi.org/10.1057/jphp.2013.27
- Kind, J., Botzen, W. et Aerts, J. (2020). Social vulnerability in cost-benefit analysis for flood risk management. *Environment and Development Economics* 25 (2): 115–134. doi.org/10.1017/S1355770X19000275
- Klinenberg, E. (2016). Social isolation, loneliness, and living alone: Identifying the risks for public health. *American Journal of Public Health* 106 (5): 786-787. doi.org/10.2105/AJPH.2016.303166
- Koks, E.E., Jongman, B., Husby, T.G., et Botzen, W.J.W. (2015). Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. *Environmental Science and Policy* 47: 42-52. doi.org/10.1016/j.envsci.2014.10.013

- Land, K. (1983). Social indicators. *Annual Review of Sociology* 9: 1-26.
doi.org/10.1146/annurev.so.09.080183.000245
- Land, K. et Spilerman, S. (1975). *Social Indicator Models*. New York: Russell Sage Foundation.
- Lowe, D., Ebi, K., et Forsberg, B. (2013). Factors increasing vulnerability to health effects before, during, and after floods. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 10 (12): 7015-7067. doi.org/10.3390/ijerph10127015
- Lee, S.I. (2001). Developing a bivariate spatial association measure: an integration of Pearson's r and Moran's I. *Journal of Geographical Systems* 3: 369-385.
doi.org/10.1007/s101090100064
- Lehnert, E. A., Wilt, G., Flanagan, B., et Hallisey, E. (2020). Spatial exploration of the CDC's Social Vulnerability Index and heat-related health outcomes in Georgia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 46, 101517. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101517
- Manuel, P., Rapaport, E., Keefe, J., et Krawchenko, T. (2015). Coastal climate change and aging communities in Atlantic Canada: A methodological overview of community asset and social vulnerability mapping. *Canadian Geographies* 59 (4): 433-446.
doi.org/10.1111/cag.12203
- Mao, W., et Agyapong, V. (2021). The role of social determinants in mental health and resilience after disasters: Implications for public health policy and practice. *Frontiers in Public Health* 9: 658528. doi.org/10.3389/fpubh.2021.658528
- Martin, D., Thompson, S., Ballard, M., et Linton, J. (2017). Two-eyed seeing in research and its absence in policy: Little Saskatchewan First Nations Elders' experiences of the 2011 flood and forced displacement. *International Indigenous Policy Journal* 8 (4): 1-25.
ir.lib.uwo.ca/iipj/vol8/iss4/6
- Martins de Freitas I. et Moraes S. (2016). Social vulnerability effect over obesity anthropometric indexes: results from population-based epidemiological study. *Revista Brasileira De Epidemiologia* 19(2): 433-450. doi.org/10.1590/1980-5497201600020018
- Mavhura, E., Manyena, B., et Collins, A. (2017). An approach for measuring social vulnerability in context: The case of flood hazards in Muzarabani district, Zimbabwe. *Geoforum* 86: 103-117. doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.09.008
- McClellan, D. (17 mars 2021). Sendai Framework 6th Anniversary: Time to recognize there is no such thing as a natural disaster—we're doing it ourselves. *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. www.undrr.org/news/sendai-framework-6th-anniversary-time-recognize-there-no-such-thing-natural-disaster-were

- McDonald-Harker, C., Drolet, J., et Sehgal, A. (2021). A strength-based approach to exploring factors that contribute to resilience among children and youth impacted by disaster. *The British Journal of Social Work* 51 (5): 1897-1916.
doi.org/10.1093/bjsw/bcab109
- McKenzie, H., Varcoe, C., Browne, A., et Day, L. (2016). Disrupting the continuities among residential schools, the Sixties Scoop, and child welfare: An analysis of colonial and neo-colonial discourses. *The International Indigenous Policy Journal* 7 (2): 1-24.
ir.lib.uwo.ca/iipj/vol7/iss2/4/
- McKeen, K., et Slatnik, M. (2022). The impacts of flooding on health. *BC Medical Journal* 64 (10): 434. Retrieved from bcmj.org/cohp/impacts-flooding-health
- McLeod, J., et Kessler, R. (1990). Socio-economic status differences in vulnerability to undesirable life events. *Journal of Health and Social Behaviour* 31 (2): 162-172.
doi.org/10.2307/2137170
- Mensah, G., Mokdad, A., Posner, S., Reed, E., Simoes, E., Engelgau, M. (2005, November). When chronic conditions become acute: Prevention and control of chronic diseases and adverse health outcomes during natural disasters. *Preventing Chronic Disease* 2: 1-4. Retrieved from www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1459465/
- Meyer, M.A., Broome, F.R., et Schweitzer, R.H. (1975). Color statistical mapping in the U.S. Bureau of the Census. *American Cartographer* 2 (2): 100-117.
doi.org/10.1559/152304075784313250
- Milnes, T., et Haney, T. (2017). “There’s always winners and losers:” Traditional masculinity, resource dependency, and post- disaster environmental complacency. *Environmental Sociology* 3 (3): 260-273.
doi.org/10.1080/23251042.2017.1295837
- Morris, S., Fawcett, G., Brisebois, L., et Hughes, J. (28 novembre 2018). *Un profil de la démographie, de l'emploi et du revenu des Canadiens ayant une incapacité âgés de 15 ans et plus, 2017 - ARCHIVÉ*.
www150.statcan.gc.ca/n1/pub/89-654-x/89-654-x2018002-fra.htm
- Myhre, D., Bajaj, S., Fehr, L., Kapusta, M., Woodley, K., et Nagji, A. (2017). Precepting at the time of a disaster. *The Clinical Teacher* 14 (2): 104-107. doi.org/10.1111/tct.12523
- Nguyen T.N., Ngangue P., Bouhali T., Ryan B.L., Stewart M., et Fortin M. (2019). Social vulnerability in patients with multimorbidity: a cross-sectional analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (7): 1244.
doi.org/10.3390/ijerph16071244

- Centres de collaboration nationale en santé publique, Yumagulova, L., Yellow Old Woman-Munro, D., et Dicken, E. (2021). *From the floodwaters: Siksika Nation and the Bow River Flood—Insights for a public health response to long-term evacuation (Case study #2)*. Centres de collaboration nationale en santé publique
nccph.s3.amazonaws.com/uploads/2022/06/v2-Case-Study2-Long-term-Evacuation-Recovery-Series-2021.pdf
- Ressources naturelles Canada et Sécurité publique Canada. (2019). *Guide d'orientation fédéral en géomatique sur la cartographie des zones inondables*, Ressources naturelles Canada, produit d'information générale 114f .
doi.org/10.4095/299810
- Naumann, G., Carrão, H., et Barbosa, P. (2018). Indicators of social vulnerability to drought. *In Drought* (pp. 111–125). John Wiley et Sons, Ltd.
doi.org/10.1002/9781119017073.ch6
- No Natural Disasters campaign. (sans date). *There is no such thing as a 'natural' disaster*. Retrieved from www.nonaturaldisasters.com/
- Oulahen, G., Mortsch, L., Tang, K., et Harford, D. (2015a). Unequal vulnerability to flood hazards: “Ground truthing” a social vulnerability index of five municipalities in Metro Vancouver, Canada. *Annals of the Association of American Geographers* 105 (3): 473-495. doi.org/10.1080/00045608.2015.1012634
- Oulahen, G., Shrubsole, D., et McBean, G. (2015b). Determinants of residential vulnerability to flood hazards in Metro Vancouver, Canada. *Natural Hazards* 78: 939-956.
doi.org/10.1007/s11069-015-1751-5
- Oulahen, G. (2016). The production of unequal vulnerability to hazards: a conceptual framework for hazards research in Canada's cities. *Canadian Geographer* 60: 82-90.
doi.org/10.1111/cag.12232
- Owusu, E., Shalaby, R., Eboreime, E., Nkire, N., Lawal, M., Agyapong, B., Pazderka, H., Obuobi-Donkor, G., Adu, M., Mao, W., Oluwasina, F., et Agyapong, V. (2022). Prevalence and determinants of generalized anxiety disorder symptoms in residents of Fort McMurray 12 months following the 2020 flooding. *Frontiers in Psychiatry* 13: 1-10.
doi.org/10.3389/fpsy.2022.844907
- Pal, K. (2002). Assessing community vulnerability to flood hazard in Southern Ontario. *Canadian Water Resources Journal* 27 (2): 155-173. doi.org/10.4296/cwrj2702155
- Paulino, Y., Badowski, G., Chennaux, J., Guerrero, M., Cruz, C., King, R., et Panapasa, S. (2021). Calculating the social vulnerability index for Guam. *Natural Hazards Center Public Health Grant Report Series, 12*. Boulder, CO: Natural Hazards Center, University of Colorado Boulder. Retrieved from hazards.colorado.edu/public-health-disaster-research/calculating-the-social-vulnerability-index-for-guam

- Pelling, M., Maskrey, A., Ruiz, P., Hall, P., Peduzzi, P., Dao, H., Mouton, F., Herold, C., Kluser, S., Harris, M., et Green, P. (2004). Reducing disaster risk: A challenge for development. *United Nations Development Programme, Bureau for Crisis Prevention and Recovery*. Retrieved from www.preventionweb.net/files/1096_rdrenglish.pdf
- Sécurité publique Canada. (2017). *Renforcer la résilience ensemble; Un cadre de sécurité civile pour le Canada* www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/2017-mrgnc-mngmnt-frmwrk/2017-mrgnc-mngmnt-frmwrk-fr.pdf
- Sécurité publique Canada. (août 2022). *S'adapter à la hausse des risques d'inondation : Une analyse des solutions d'assurance pour le Canada*. Un rapport du Groupe de travail sur l'assurance contre les inondations et d'aide à la relocalisation du Canada www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/dptng-rsng-fl-d-rsk-2022/dptng-rsng-fl-d-rsk-2022-fr.pdf
- Sécurité publique Canada. (11 mai 2023). *Document d'information : Inondations* www.securitepublique.gc.ca/cnt/mrgnc-mngmnt/ntnl-rsk-prfl/bckgrndr-fl-ds-fr.aspx
- Qiang, Y. (2019). Flood exposure of critical infrastructures in the United States. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 39: 101240. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101240
- Rajabali, R., et Agrawal, N. (2022). Taming the flow, then and now: A Canadian case of floodplain management. *Frontiers in Water* 4: 931214. doi.org/10.3389/frwa.2022.931214.
- Ramin, B., et Svoboda, T. (2009). Health of the homeless and climate change. *Journal of Urban Health* 86 (4): 654-664. doi.org/10.1007%2Fs11524-009-9354-7
- Reading, C., et Wien, F. (2009). *Health inequalities and social determinants of Aboriginal People's health*. National Collaborating Centre for Aboriginal Health. Retrieved from www.ccnsa-nccah.ca/docs/determinants/RPT-HealthInequalities-Reading-Wien-EN.pdf
- Reguero, B., Losada, I., Díaz-Simal, P., Méndez, F., et Beck, M. (2015). Effects of climate change on exposure to coastal flooding in Latin America and the Caribbean. *PLOS ONE* 10 (7): e0133409. doi.org/10.1371/journal.pone.0133409
- Ringnér, M. (2008). What is principal component analysis? *Nature Biotechnology* 26 (3): 303-304. doi.org/10.1038/nbt0308-303
- Rivera, D. (2020). Disaster colonialism: A commentary on disasters beyond singular events to structural violence. *International Journal of Urban and Regional Research* 46 (1): 126-135. doi.org/10.1111/1468-2427.12950

- Rivera, D., Jenkins, B., et Randolph, R. (2021). Procedural vulnerability and its effects on post-disaster recovery in low-income communities. *Journal of the American Planning Association* 88 (2): 220-231. doi.org/10.1080/01944363.2021.1929417
- Rözer, V., Müller, M., Bubeck, P., Kienzler, S., Thieken, A., Pech, I., Schröter, K., Buchholz, O., et Kreibich, H. (2016). Coping with pluvial floods by private households. *Water* 8 (7): 1-24. doi.org/10.3390/w8070304
- Runkle, J., Brock-Martin, A., Karmaus, W., et Svendsen, E. (2012). Secondary surge capacity: A framework for understanding long-term access to primary care for medically vulnerability populations in disaster recovery. *American Journal of Public Health* 102 (12): 24-32. doi.org/10.2105%2FAJPH.2012.301027
- Rural Health Information Hub (RHIH). (2022). *Rural Emergency Preparedness and Response*. Retrieved November 2022 from www.ruralhealthinfo.org/topics/emergency-preparedness-and-response
- Russo, Hissa, K., Murphy, B., et Gunson, B. (2021). Photovoice, emergency management and climate change: a comparative case-study approach. *Qualitative Research: QR* 21 (4): 568–585. doi.org/10.1177/1468794120934398
- Sandink, D., Kovacs, P., Oulahan, G., et Shrubsole, D. (2016). Public relief and insurance for residential flood losses in Canada: Current status and commentary. *Canadian Water Resources Journal*, 41 (1–2): 220–237. doi.org/10.1080/07011784.2015.1040458
- Sahni, V., Scott, A., Beliveau, M., Varughese, M., Dover, D., Talbot, J. (2016). Public health surveillance response following the southern Alberta floods, 2013. *Canadian Journal of Public Health* 107 (2): 142-148. doi.org/10.17269/cjph.107.5188
- Scannell, L., Cox, R., et Fletcher, S. (2017). Place-based loss and resilience among disaster-affected youths. *Journal of Community Psychology* 45 (7): 859-876. doi.org/10.1002/jcop.21897
- Scherrieb, K., Norris, F., et Galea, S. (2010). Measuring capacities for community resilience. *Social Indicators Research* 99: 227-247. doi.org/10.1007/s11205-010-9576-9
- Schmidtlein, M., Deutsch, R., Piegorsch, W., et Cutter, S. (2008). A sensitivity analysis of the social vulnerability index. *Risk Analysis* 28(4): 1099–1114. doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01072.x
- Siagian, T., Purhadi, P., Suhartono, S., et Ritonga, H. (2014). Social vulnerability to natural hazards in Indonesia: Driving factors and policy implications. *Natural Hazards* 70 (2): 1603–1617. doi.org/10.1007/s11069-013-0888-3

- Smith, D. (1973). *Geography of Social Well Being*. New York: McGraw Hill.
- Smith, T. (1981). Social indicators: A review essay. *Journal of Social History* 14: 739-747.
doi.org/10.1353/jsh/14.4.739
- Statistique Canada. (25 octobre (2017a)). *Les conditions de logement des peuples autochtones au Canada* www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/as-sa/98-200-x/2016021/98-200-x2016021-fra.cfm
- Statistique Canada. (2017b). *Dictionnaire, Recensement de la population* www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/ref/dict/az1-fra.cfm
- Statistique Canada. (2020). *Recensement de la population* www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.l?Function=getSurvey&SDDS=3901&a3
- Tapsell, S., et Tunstall, S. (2008). “I wish I’d never heard of Banbury:” The relationship between “place” and the health impacts from flooding. *Health et Place* 14 (2): 133-154.
doi.org/10.1016/j.healthplace.2007.05.006
- Tapsell, S., McCarthy, S., Faulkner, H., et Alexander, M. (2010). Social vulnerability to natural hazards. *CapHaz-Net WP4 Report, Flood Hazard Research Centre—Middlesex University, London*. giam.zrc-sazu.si/sites/default/files/caphaz-net_wp4_social-vulnerability2.pdf
- Tate, E. (2013). Uncertainty analysis for a social vulnerability index. *Annals of the Association of American Geographers* 103 (3): 526–543. doi.org/10.1080/00045608.2012.700616
- Tate, E., Rahman, M., Emrich, C., et Sampson, C. (2021). Flood exposure and social vulnerability in the United States. *Natural Hazards*, 106 (1): 435–457.
doi.org/10.1007/s11069-020-04470-2
- Thompson, S., Ballard, M., et Martin, D. (2014). Lake St. Martin First Nation community members’ experiences of induced displacement: ‘We’re like refugees.’ *Refuge: Canada’s Journal on Refugees* 29 (2): 75-86. doi.org/10.25071/1920-7336.38168
- Tobin-Gurley, J., Peek, L., et Loomis, J. (2010). Displaced single mothers in the aftermath of Hurricane Katrina: Resource needs and resource acquisition. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters* 28 (2): 170-206.
doi.org/10.1177/028072701002800202

- Ukumo, T., Abebe, A., Lohani, T., et Edamo, M. (2022). Flood hazard mapping and analysis under climate change using hydro-dynamic model and RCPs emission scenario in Woybo River catchment of Ethiopia. *World Journal of Engineering* (ahead-of-print).
doi.org/10.1108/WJE-07-2021-0410
- Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). (2015). *Reducing disaster risk: A challenge for development—Global report*. Retrieved from www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Reducing%20Disaster%20risk%20a%20Challenge%20for%20development.pdf
- Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNDRR). (2017). Words into action guidelines: National disaster risk assessment. *Hazard specific risk assessment: Flood hazard and risk assessment*. Retrieved from www.preventionweb.net/files/52828_04floodhazardandriskassessment.pdf?_gl=1*109oj5z*_ga*MTQ0MjkwMDAyNC4xNjgzMDQ5MTY3*_ga_D8G5WXP6YM*MTY5MTg2NDYwNy44LjAuMTY5MTg2NDYxNi4wLjAuMA
- University of Waterloo. (sans date). *President's Anti-Racism Taskforce, Glossary of Terms*.
uwaterloo.ca/presidents-anti-racism-taskforce/part-report/glossary-terms
- van Daalen, K., Savic Kallesoe, S., Davey, F., Dada, S., Jung, L., Singh, L., Issa, R., Emilian, C., Kuhn, I., Keygnaert, I., et Nilsson, M. (2022). Extreme events and gender-based violence: A mixed methods systematic review. *Lancet Planetary Health* 6 (6): e504-523.
[doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00088-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00088-2)
- Vasseur, L., Thornbush, M., et Plante, S. (2015). Gender-based experiences and perceptions after the 2010 winter storms in Atlantic Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12(10): 12518–12529.
doi.org/10.3390/ijerph121012518
- Vermont Department of Health. (N.d.). *Social Vulnerability Index: A User's Guide*. Retrieved from ahs-vt.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=9478be15d6d4410f8eef8d420711310b
- Vickery, J. (2017). Using an intersectional approach to advance understanding of homeless persons' vulnerability to disaster. *Environmental Sociology* 4 (1): 136-147.
doi.org/10.1080/23251042.2017.1408549
- Vyas, S., et Kumaranayake, L. (2006). Constructing socio-economic status indices: how to use principal components analysis. *Health Policy Plan* 21 (6): 459-468.
doi.org/10.1093/heapol/czl029
- Wade, T. (2022, August). Overview of Canadian communities exposed to sea level rise. *Centre de collaboration nationale en santé environnementale* nccceh.ca/resources/evidence-reviews/overview-canadian-communities-exposed-sea-level-rise

- Waldram, J. (1988). *As long as the rivers run*. Winnipeg: University of Manitoba Press.
- Walker, H., Reid, M., et Fletcher, A. (2022). Applying intersectionality to climate hazards: a theoretically informed study of wildfire in northern Saskatchewan. *Climate Policy* 21 (2): 171-185. doi.org/10.1080/14693062.2020.1824892
- Wall, E., et Marzall, K. (2007). Adaptive capacity for climate change in Canadian rural communities. *International Journal of Justice and Sustainability* 11 (4): 373-397. doi.org/10.1080/13549830600785506
- Weichselgartner, J. (2001). Disaster mitigation: The concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management: An International Journal* 10 (2): 85–95. doi.org/10.1108/09653560110388609
- Wilson, D., et Macdonald, D. (2010, April). The income gap between Aboriginal peoples and the rest of Canada. *Canadian Centre for Policy Alternatives*. Retrieved from policyalternatives.ca/sites/default/files/uploads/publications/reports/docs/Aboriginal%20Income%20Gap.pdf
- Wisner, B., Blaike, P., Cannon, T., et Davis, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters* (second ed.). London: Routledge. doi.org/10.4324/9780203974575
- Wold, S., Esbensen, K., et Geladi, P. (1987). Principal component analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2 (1): 37–52. [doi.org/10.1016/0169-7439\(87\)80084-9](https://doi.org/10.1016/0169-7439(87)80084-9)
- Wood, E., Sanders, M., et Frazier, T. (2021). The practical use of social vulnerability indicators in disaster management. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 63: 102464. doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102464
- Yee C., Cunnigham S., et Ickovics, J. (2019) Application of the social vulnerability index for identifying teen pregnancy intervention need in the United States. *Maternal Child Health Journal* 23 (11): 1516-1524. doi.org/10.1007/s10995-019-02792-7
- Yumagulova, L. (2020). Disrupting the risksapes of inequities: a case study of planning for resilience in Canada's Metro Vancouver region. *Cambridge Journal of Regions, Economy, and Society* 31 (2): 293-318. doi.org/10.1093/cjres/rsaa029
- Ziolecki, A., Thistlethwaite, J., Henstra, D., & Scott, D. (2020, September). *Canadian Voices on Flood Risk 2020: Findings from a national survey about how we should manage an increasingly costly and common peril*. Waterloo, Ontario: Partners for Action, University of Waterloo. Retrieved from uwaterloo.ca/partners-for-action/sites/default/files/uploads/files/finalreport_nationalsurvey_sept20.pdf



MERCI DE VOTRE
PARTENARIAT ET DE VOTRE
ENGAGEMENT.