

Le Réseau de solutions pour les communautés

Une planification urbaine intelligente pour la résilience climatique

mai 2024

Responsable du projet :



Principal partenaire technique :



Financé par :



RECONNAISSANCE DES TERRITOIRES ET DES TRAITES AUTOCHTONES AU CANADA

Les territoires sacrés et les cours d'eau sur lesquels Evergreen est établi, ainsi que les diverses agglomérations et villes du pays, font partie des territoires traditionnels, du foyer national et du Nunangat appartenant respectivement aux Premières Nations, à la Nation métisse et aux Inuit, qui en sont les intendants de longue date. Ces territoires sont occupés et visés par des droits, des clauses, des traités et des accords sur l'autonomie gouvernementale ayant pour objet le partage et la garde pacifiques de ces régions et des ressources de l'Île de la Tortue. Ces régions sont toujours habitées par divers peuples autochtones qui se battent encore pour leurs droits souverains et qui protègent sans relâche leurs territoires traditionnels. En tant qu'invités non conviés qui vivent et travaillent sur ces territoires, nous avons la responsabilité de connaître les traités qui nous lient, de défendre les droits des Autochtones et de nous instruire relativement à nos responsabilités réciproques.

REMERCIEMENTS

Cette ressource a été créée pour le Réseau de solutions pour les communautés, dirigé par Juan Rueda d'Evergreen et rédigé par John Griffin et Sanjida Rabbi de Nord Ouvert et Angela Parillo, Dipika Giritharan et Marielle Nicol, avec le soutien d'Alison Herr, de Joshua Welch, d'Ismail Alimovski, de Lorraine Hopkins, d'Adriana Montes, de Cheryl Gudz et de Toby Davine d'Evergreen. Nous remercions les nombreux experts dans ces domaines pour leurs connaissances et leur expérience, qui ont inspiré et alimenté ce résumé de recherche, ainsi que de tous les membres de la communauté qui ont participé à nos événements dans le cadre du programme du Réseau de solutions pour les communautés.

Le Réseau de solutions pour les communautés est un programme dirigé par Evergreen en partenariat avec Nord Ouvert. Notre équipe travaille avec les communautés pour renforcer les capacités et améliorer la vie des résidents à l'aide de données. Nous proposons des services consultatifs, des ateliers et des ressources en ligne axés sur des domaines clés tels que la résilience climatique, la gouvernance des données, l'espace public inclusif, l'acquisition de technologies et l'engagement public. Le Réseau de solutions pour les communautés est soutenu par le financement du gouvernement du Canada.

SOMMAIRE

Ce résumé de recherche introductif s'adresse aux dirigeants des communautés du Canada qui souhaitent explorer le potentiel des données et des outils technologiques dans la planification urbaine afin de contribuer à renforcer la résilience climatique locale. S'appuyant sur des initiatives de recherche nationales et internationales, ce document présente un aperçu du rôle des données et des innovations technologiques qui soutiennent les initiatives de planification urbaine pour créer des communautés plus résilientes aux changements climatiques. On y présente également des tactiques efficaces de gouvernance des données et des considérations à l'intention des municipalités et des dirigeants communautaires qui entreprennent une planification urbaine résiliente aux changements climatiques.

INTRODUCTION

La planification urbaine intelligente relève les défis dynamiques de la construction de la communauté grâce à une prise de décision fondée sur des données probantes¹. Des outils tels que les systèmes d'information géographique (SIG) sont couramment utilisés pour la cartographie, la visualisation, l'analyse spatiale et la modélisation dans le cadre de la gestion de l'utilisation des terres, du développement et d'autres fonctions de planification urbaine². De simples projets de partage de données à des initiatives plus complexes, l'exploitation d'innovations intelligentes telles que l'intelligence artificielle (IA) ou les jumeaux numériques peut soutenir une série d'initiatives de résilience climatique dans les communautés, de l'identification des risques locaux liés aux changements climatiques à l'analyse des actifs d'infrastructure publique (tels que les parcs publics ou les fossés végétalisés) qui peuvent renforcer la résilience climatique locale.

Lorsqu'on travaille avec de grands ensembles de données et de renseignements relatifs à une communauté (y compris des renseignements personnels comme le revenu, l'âge, la tranche d'imposition, etc.), il est important de s'assurer que les données sont ancrées dans un cadre de gouvernance solide qui guide leur gestion.

Alors que les communautés cherchent à améliorer leur résilience climatique grâce à une planification urbaine innovante, il est utile d'exploiter les données et les outils technologiques qui peuvent soutenir une planification, une conception, une mise en œuvre et une gestion équitables et efficaces des espaces publics.

Cas pratique : Cartographie et modélisation

La cartographie et la modélisation des zones présentant un risque accru en raison des changements climatiques constituent l'un des outils potentiels les plus clairs pour le renforcement de la résilience. De nombreuses communautés sont déjà familiarisées avec les systèmes d'information géographique (SIG) pour cartographier les informations et les infrastructures essentielles de leur communauté.

Valeur pour les communautés

L'utilisation des SIG pour mieux comprendre les zones présentant un risque accru en raison des changements climatiques constitue un obstacle facile à surmonter et une utilisation efficace d'une technologie que de nombreuses communautés possèdent déjà. De la même manière que les cartes des flux de circulation éclairent la planification des transports publics, des routes et de la sécurité, les collectivités peuvent utiliser la cartographie des risques climatiques pour évaluer si les plans actuels prennent en compte ces risques de manière adéquate et pour éclairer les efforts de planification futurs. Grâce à ces informations, les collectivités peuvent limiter le développement dans les zones à haut risque, telles que celles qui sont vulnérables aux inondations côtières ou aux incendies de forêt, tout en déterminant d'autres zones où investir dans l'infrastructure pour atténuer les risques climatiques, par exemple en intégrant davantage d'infrastructures vertes dans les zones sujettes à une mauvaise qualité de l'air ou à des chaleurs extrêmes.

Exigences en matière de données

Comme tout autre outil numérique à la disposition des municipalités, l'efficacité des outils de cartographie et de modélisation dépend de la disponibilité des données. Les données utilisées pour la cartographie et la modélisation auront un impact plus important sur les résultats que la sophistication du produit SIG particulier utilisé par la communauté.

Par exemple, pour élaborer une carte des îlots de chaleur urbains (ICU), les ensembles de données accessibles au public peuvent fournir une image plus précise des risques de chaleur extrême dans une communauté, tandis que les ensembles de données propriétaires et/ou les ensembles de données générés par des réseaux de capteurs de l'Internet **des objets (IdO)** peuvent fournir des informations plus localisées.

RÔLE DE LA TECHNOLOGIE DANS LA PLANIFICATION URBAINE

La manière dont les communautés conçoivent les rues et les espaces publics et planifient les développements futurs est essentielle lorsqu'on parle de renforcer la résilience. La résilience climatique n'est pas la responsabilité d'un seul membre du personnel, d'une seule équipe, d'une seule entité gouvernementale ou d'une seule organisation : elle implique une coordination entre les secteurs, ainsi qu'un engagement et une consultation importants avec les membres de la communauté.

Les dirigeants des communautés ont pour tâche de concilier les priorités, qu'il s'agisse d'assurer la construction de logements adéquats ou de moderniser les réseaux de transport, tout en veillant à ce que la résilience climatique soit au cœur de chaque décision. Il est donc compréhensible que nous observions un intérêt croissant pour les outils numériques qui pourraient potentiellement réduire le coût des ressources et le temps du personnel.

Il ne s'agit pas de suggérer que la première étape d'une solution à la résilience climatique devrait être un nouvel outil numérique. Avant d'aller de l'avant avec une solution numérique, les communautés devraient prendre des mesures pour comprendre leurs défis particuliers dans le cadre d'une approche holistique. La trousse à outils [Réimaginer les espaces publics : Solutions technologiques pour assurer la résilience](#) est un excellent point de départ lorsqu'il s'agit d'envisager de nouveaux outils pour aider les collectivités à renforcer leur résilience aux changements climatiques.

Les avantages offerts par les nouvelles technologies peuvent sembler infinis. Bien qu'une approche plus prudente de l'adoption de certaines innovations soit justifiée, il existe encore des cas d'utilisation valables où les communautés tirent parti de la technologie pour planifier un avenir résilient aux changements climatiques.

Jumeaux numériques

Un jumeau numérique est un « modèle virtuel conçu pour refléter fidèlement un objet physique »³. Les jumeaux numériques utilisent des capteurs sur les objets pour collecter des données en temps réel sur les informations opérationnelles⁴ dans le but de compiler des données telles que la température ou la consommation d'énergie. Ces données sont ensuite appliquées au modèle numérique⁵. Le modèle numérique effectue des simulations pour fournir des informations sur les problèmes de rendement et aider à déterminer les domaines d'amélioration qui peuvent être appliqués à l'objet physique⁶. Par exemple, les données recueillies par les jumeaux numériques peuvent fournir des renseignements sur la manière dont une éolienne réagit dans certaines conditions et indiquer les changements à intégrer pour améliorer son rendement⁷.

Les jumeaux numériques créent des répliques d'environnements physiques afin d'aider les municipalités à prendre des décisions plus efficaces pour réduire les émissions et construire des communautés plus résilientes aux changements climatiques⁸. Les jumeaux numériques peuvent suivre et gérer les émissions des bâtiments, simuler les impacts environnementaux sur les initiatives de planification urbaine⁹, soutenir la modélisation et les simulations climatiques et surveiller et prédire les impacts des changements climatiques¹⁰.

Par exemple, la ville d'Ottawa utilise un système de jumeaux numériques pour élaborer un modèle de ville virtuel en 3D à l'intention des planificateurs, des promoteurs et d'autres partenaires afin d'analyser les incidences potentielles de nouveaux projets de développement¹¹. La ville utilise un SIG d'entreprise existant comme base pour produire un environnement 3D qui se connecte à ArcGIS Urban pour intégrer des caractéristiques photogrammétriques et de détection et télémétrie par la lumière (LiDAR)¹² parmi d'autres modèles de données tels que les tendances météorologiques historiques¹³.

Autre exemple, le Humber College de Toronto, en Ontario, utilise des jumeaux numériques pour améliorer l'efficacité énergétique de l'établissement. Des capteurs intelligents ont été installés dans l'ensemble de l'établissement et dans son système d'exploitation afin que les responsables des installations puissent faire fonctionner l'éclairage, le chauffage et d'autres systèmes de manière plus efficace (p. ex., en prérefroidissant les bâtiments avant les pics d'utilisation)¹⁴. Les jumeaux numériques du Humber College comparent le rendement réel au modèle numérique optimal et peuvent prédire les actions nécessaires pour atteindre le résultat souhaité¹⁵.

Les promesses offertes par les nouvelles technologies semblent souvent infinies. Bien qu'une approche plus prudente de l'adoption de certaines innovations soit justifiée, il existe encore des cas d'utilisation valables où les communautés tirent parti de la technologie pour planifier un avenir résilient aux changements climatiques.

Exemples de données et de technologies au service de l'urbanisme intelligent

Le tableau ci-dessous présente des exemples de technologies et d'ensembles de données que les collectivités peuvent trouver utiles lorsqu'elles planifient la construction de bâtiments destinés à accroître la résilience climatique.

Type	Description	Avantages	Défis
Données de télédétection	Photographie aérienne, imagerie satellite à haute résolution capturant l'occupation des sols et les zones urbaines.	<ul style="list-style-type: none"> • Fournit des images à haute résolution pour une analyse détaillée. • Offre une couverture de vastes zones, permettant des évaluations complètes. • Permet de suivre les changements dans le temps. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'acquisition d'images à haute résolution peut être coûteuse. • À la merci de la couverture nuageuse, ce qui peut entraver la collecte des données. • Nécessite une expertise pour traiter et analyser efficacement les données.
Données de capteurs IoT	Capteurs qui capturent la température de l'air, la qualité de l'air, l'humidité, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Offre des données en temps réel ou quasi réel pour la surveillance des conditions environnementales. • Fournit des flux de données continus pour l'analyse des tendances. • Peuvent être relativement rentables à déployer et à entretenir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Couverture spatiale limitée en fonction du déploiement du capteur. • La précision et la fiabilité des données peuvent varier en fonction de la qualité et de l'étalonnage des capteurs. • Nécessite des efforts continus de maintenance et d'étalonnage.
Limites administratives	Limite polygonale définie de la zone étudiée	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de délimiter clairement les zones d'étude. • Facilement accessible à partir de portails de données ouverts. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les limites peuvent ne pas représenter avec précision les limites naturelles ou fonctionnelles.
Données socioéconomiques et démographiques	Données qui donnent un aperçu des populations touchées, des niveaux de revenus, des minorités visibles, du niveau d'éducation, de la répartition par âge, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Fournit des renseignements sur la population humaine et les caractéristiques sociétales. • Facilite l'analyse et la planification socioéconomiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le respect de la vie privée peut limiter l'accessibilité ou la précision des données.
Données sur l'utilisation des terres et la couverture terrestre	Données détaillées sur les types de couverture terrestre et leur répartition dans la zone.	<ul style="list-style-type: none"> • Fournit des informations détaillées sur les types de couverture terrestre et les changements. • Contribue à l'élaboration de politiques et à la prise de décisions en matière de gestion des terres, de surveillance de 	<ul style="list-style-type: none"> • Les données peuvent nécessiter des mises à jour fréquentes en raison de l'évolution des modes d'utilisation des terres. • La variabilité des méthodes de classification (p. ex., classification supervisée

		l'environnement et d'urbanisme.	et non supervisée) peut entraîner des incohérences. <ul style="list-style-type: none"> • Les ensembles de données à haute résolution peuvent faire l'objet d'un droit de propriété et être coûteux à acquérir.
Données sur les bâtiments et les infrastructures	Informations sur les bâtiments (empreinte au sol, hauteur), les routes et autres types d'infrastructures.	<ul style="list-style-type: none"> • Fournit des informations sur l'environnement bâti pour la planification urbaine et le développement des infrastructures, la gestion des catastrophes et la planification des interventions d'urgence. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'accès aux données détaillées sur les bâtiments peut être restreint ou faire l'objet d'un droit de propriété. • La maintenance et la mise à jour des données sur les infrastructures peuvent nécessiter des ressources importantes.
Données topographiques	Modèles altimétriques numériques (MAE) et données de terrain pour tenir compte des différences d'altitude.	<ul style="list-style-type: none"> • Essentielles pour l'analyse du terrain, la délimitation des bassins versants et la modélisation des pentes. • Disponibles sur des portails de données ouvertes et auprès d'agences gouvernementales. 	<ul style="list-style-type: none"> • La résolution variable des données affecte la précision. • Nécessite un traitement et une intégration avec d'autres ensembles de données pour une interprétation pertinente. • Disponibilité limitée de données topographiques à haute résolution pour certaines régions.
Données historiques	Données à long terme sur les changements d'utilisation des terres et les tendances du développement urbain, les anomalies de température et les données pluviométriques.	<ul style="list-style-type: none"> • Permet d'analyser les tendances à long terme et de déterminer des modèles. • Fournissent un contexte pour les conditions actuelles et les projections futures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les données historiques peuvent être incomplètes ou incohérentes. • Nécessitent un examen attentif des biais temporels et spatiaux dans l'analyse.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA GOUVERNANCE DES DONNÉES

Compte tenu de la dépendance accrue à l'égard de l'analyse des données pour améliorer les opérations et prendre des décisions plus éclairées, les municipalités et les communautés doivent être plus attentives à la manière dont les données sont gérées¹⁶. Une approche holistique de la gouvernance des données tient compte de la manière dont les données sont utilisées, des personnes qui en sont responsables et de la manière dont ces

dernières sont tenues de rendre compte de leurs décisions tout au long du cycle de vie des données (de l'acquisition à l'utilisation et à l'élimination)¹⁷. Une bonne gouvernance des données garantit que les données collectées sont fiables et ne sont pas utilisées à mauvais escient; c'est un aspect essentiel de la gestion stratégique des données¹⁸. Les principes FAIR (facile à trouver, accessible, interopérable et réutilisable)¹⁹ et CARE (avantage collectif, pouvoir de contrôle, responsabilité et éthique)²⁰ sont des cadres qui peuvent être appliqués pour une gestion ouverte et équitable des données. L'intégration des principes FAIR, CARE ou d'autres principes relatifs aux données dans la gestion et la gouvernance des données améliore la réutilisation et l'équité des informations. Les municipalités, les entreprises et les organisations doivent tenir compte des éléments suivants lors de la mise en œuvre d'un cadre de gouvernance des données :

- **Collecte et qualité des données** – Pour tout projet axé sur les données, il est essentiel d'obtenir une qualité de données adéquate et de mettre en place des processus de collecte corrects afin de garantir la collecte de données de qualité.
- **Partage des données** – Dans la mesure du possible, les communautés peuvent accéder aux données par le biais d'efforts de collaboration (approvisionnement collaboratif) ou peuvent accéder aux données existantes détenues par une autre communauté ou organisation. Dans les deux cas, des accords de partage des données devront être créés et mis en place.
- **Stockage et sécurité des données** – Il convient de se demander où les données seront stockées, qui y aura accès et comment l'accès sera sécurisé. Il s'agit notamment des règles d'utilisation et d'accès, ainsi que de la conformité en matière de cybersécurité.
- **Confidentialité des données** – Bien que certaines données ne contiennent pas de renseignements permettant d'identifier une personne, il existe des cas, notamment lors de l'évaluation de l'équité des impacts des changements climatiques pour les membres de la communauté, où les communautés manipuleront de tels renseignements et devront respecter les lois, les politiques et les valeurs culturelles en matière de confidentialité des données et communiquer leur politique de confidentialité au public. Par exemple, certaines communautés peuvent préférer ne pas collecter ou stocker des données sur l'emplacement des sites cérémoniels ou des cimetières, tandis que d'autres peuvent avoir des traditions orales et préférer ne pas codifier leurs données. Ces valeurs culturelles doivent être prises en compte et respectées lors de l'élaboration d'un cadre de gouvernance des données.
- **Engagement du public** – Il est essentiel de communiquer sur la manière dont les données collectées seront utilisées afin de favoriser l'engagement et la consultation du public. Cela peut être particulièrement important dans les cas où des capteurs sont placés dans une communauté. Les membres de la communauté se posent souvent des questions sur l'utilisation et la portée de ces capteurs, et il est donc important de communiquer de manière proactive sur la manière dont ils sont utilisés et sur les raisons pour lesquelles ils le sont.

CONCLUSION

Il est essentiel d'inclure des efforts de résilience climatique dans la planification urbaine pour que les communautés puissent répondre de manière proactive à la croissance urbaine et aux risques liés au climat. Cela peut également contribuer à réduire la vulnérabilité des communautés aux changements climatiques en améliorant l'accès aux services, aux ressources et aux installations²¹. Également, cela favorise la conception d'espaces publics, sensibilise le public à la nécessité de créer des communautés durables et renforce la capacité d'adaptation aux effets négatifs du climat. La gouvernance des données peut guider la prise de décision fondée

sur les données, et la technologie de modélisation des données prédictives peut aider les planificateurs à déterminer les différents types de vulnérabilités, à se préparer aux impacts climatiques et à créer des stratégies efficaces d'atténuation des effets des changements climatiques²². L'utilisation des données et des technologies peut renforcer les stratégies actuelles de manière efficace et bénéfique, mais l'intégration de ces technologies nécessite des investissements importants, un engagement et une collaboration fructueuse au sein des communautés²³. À mesure que les villes élaborent de nouvelles stratégies faisant appel à la technologie pour lutter contre les changements climatiques et en réduire les effets, le remaniement, la réorganisation et la planification des villes joueront un rôle essentiel pour garantir un avenir durable à tous²⁴.

GLOSSAIRE

L'**apprentissage machine** est une forme d'intelligence artificielle dans laquelle les ordinateurs utilisent des données et des algorithmes pour « apprendre » au fil du temps, en améliorant le rendement des tâches au fil du temps et en imitant la façon dont les humains apprennent²⁵.

La **gouvernance des données** est un processus de gestion de l'intégrité, de l'utilisation, de la sécurité et de la disponibilité des données. La gouvernance des données peut organiser notre relation complexe et évolutive avec les données dans le cadre d'une politique publique²⁶.

Les **îlots de chaleur urbains** sont des zones urbanisées qui connaissent des températures plus élevées que les zones périphériques. Les structures telles que les bâtiments, les routes et autres infrastructures absorbent et réémettent la chaleur du soleil plus que les paysages naturels tels que les forêts et les plans d'eau. Les zones urbaines, où ces structures sont fortement concentrées et/ou la verdure est limitée, deviennent des « îlots » où les températures sont plus élevées que dans les zones périphériques²⁷.

L'**intelligence artificielle** (IA) est la « simulation de l'intelligence humaine à l'aide de machines programmées »²⁸. L'IA peut jouer un rôle majeur dans les efforts d'adaptation, d'atténuation et de résilience en matière de climat grâce à la collecte et à l'interprétation de vastes ensembles de données en temps réel, ce qui peut aider à détecter des alertes précoces en cas de phénomènes météorologiques violents et à mettre en œuvre des efforts de prévention plus tôt²⁹.

L'**Internet des objets (IdO)** désigne le « réseau des objets physiques connectés à d'autres appareils et systèmes par Internet. »³⁰

Un **jumeau numérique** est une réplique virtuelle des actifs physiques, des processus et des systèmes d'une communauté³¹.

Le **modèle numérique d'élévation** est un modèle numérique ou une représentation en 3D de la surface d'un terrain créé à partir de données d'élévation du terrain³².

Les **renseignements personnels** sont toutes les représentations d'informations qui permettent de déduire raisonnablement l'identité d'une personne à laquelle les informations s'appliquent, par des moyens directs ou indirects³³.

Les **systèmes d'information géographique (SIG)** sont des systèmes informatiques permettant de saisir, d'afficher et d'interpréter des données géographiques³⁴.

-
- ¹ Koutra, S., et Ioakimidis, C. S. (n.d.). *Unveiling the Potential of Machine Learning Applications in Urban Planning Challenges*. *Land* (Basel), 12(1), 83. <https://doi.org/10.3390/land12010083> (en anglais seulement)
- ² Yeh, A. G.-O. (n.d.). *THE USE OF GIS IN URBAN PLANNING*. In *Urban Planning and GIS*. https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch62.pdf (en anglais seulement)
- ³ Qu'est-ce qu'un jumeau numérique? | IBM. (n.d.). <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/what-is-a-digital-twin>
- ⁴ Farah, L. (4 janvier 2022). *How Digital Twins are Transforming the Wind Energy Industry*. <https://www.linkedin.com/pulse/how-digital-twins-transforming-wind-energy-industry-lukas-farah> (en anglais seulement)
- ⁵ Qu'est-ce qu'un jumeau numérique? | IBM. (n.d.-b). <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>
- ⁶ *Ibid.*
- ⁷ Farah, L. (2022, January 4). *How Digital Twins are Transforming the Wind Energy Industry*. <https://www.linkedin.com/pulse/how-digital-twins-transforming-wind-energy-industry-lukas-farah> (en anglais seulement)
- ⁸ Intelligence, G. T. (24 octobre 2023). *Digital twins: Key to addressing climate change*. *Verdict*. <https://www.verdict.co.uk/analyst-comment/digital-twins-combat-climate-change/> (en anglais seulement)
- ⁹ *Ibid.*
- ¹⁰ Houghton, P. (n.d.). *Harnessing Digital Twins: a climate change solution*. <https://blog.govnet.co.uk/technology/harnessing-digital-twins-a-climate-change-solution> (en anglais seulement)
- ¹¹ Ville d'Ottawa. (31 Janvier 2024). *Le Comité entend les avantages du Jumeau numérique pour le nouveau Règlement de zonage*. Ville d'Ottawa. <https://ottawa.ca/fr/hotel-de-ville/sujets-de-lheure/salle-de-presse/le-comite-entend-les-avantages-du-jumeau-numerique-pour-le-nouveau-reglement-de-zonage>
- ¹² Khor, D. (24 mai 2023). *Le plan officiel de la Ville d'Ottawa s'enrichit de nouvelles solutions géospatiales. À l'aide d'un logiciel SIG d'entreprise actuellement offert par Esri, la Ville d'Ottawa crée une base géospatiale 3D en vue de se doter d'un jumeau numérique*. <https://ressources.esri.ca/nouvelles-et-mises-a-jour/le-plan-officiel-de-la-ville-d-ottawa-s-enrichit-de-nouvelles-solutions-g%C3%A9ospatiales>
- ¹³ Clark, R. (28 février 2024). *Ottawa's 'Digital Twin' project uses 3D visuals to shape city's development*. *Capital Current*. <https://capitalcurrent.ca/ottawas-digital-twin-project-uses-3d-visuals-to-shape-citys-development/> (en anglais seulement)
- ¹⁴ Rickwood, V. a. P. B. L. (17 novembre 2023). *Digital twins getting smarter all the time: first data, then buildings, then cities* | *WhatsYourTech.ca*. <https://whatsyourtech.ca/2023/11/17/digital-twins-getting-smarter-all-the-time-first-data-then-buildings-then-cities/> (en anglais seulement)
- ¹⁵ Immen, W. (2023, 19 septembre). *Humber College uses digital twins to make buildings smarter*. *The Globe and Mail*. <https://www.theglobeandmail.com/business/industry-news/property-report/article-when-systems-communicate-between-buildings-it-makes-them-smarter/> (en anglais seulement)
- ¹⁶ *Ibid.*
- ¹⁷ Qu'est-ce que la gouvernance des données? | Google Cloud. (n.d.). Google Cloud. <https://cloud.google.com/learn/what-is-data-governance?hl=fr>
- ¹⁸ Stedman, C. (2024b, février 23). *What is data governance and why does it matter?* *Data Management*. <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/data-governance> (en anglais seulement)
- ¹⁹ Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J., Da Silva Santos, L. O. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T. W., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R. . . Mons, B. (2016). *The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship*. *Scientific Data*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18> (en anglais seulement)
- ²⁰ CARE Principles — Global Indigenous Data Alliance. (23 janvier 2023). Global Indigenous Data Alliance. <https://www.gida-global.org/care> (en anglais seulement)
- ²¹ *Urban Planning and Design for Climate Resilience: A reference tool for local governments and planning actors in the Philippines* | UN-Habitat. (n.d.). <https://unhabitat.org/urban-planning-and-design-for-climate-resilience-a-reference-tool-for-local-governments-and-planning-actors-in-the-philippines> (en anglais seulement)
- ²² Bhoda, S. K. (24 février 2024a). *Climate Change and Smart City Solutions: Technologies for Urban Resilience*. <https://www.linkedin.com/pulse/climate-change-smart-city-solutions-technologies-urban-bhoda-zhwne?trk=article-ssr-frontend-pulse-more-articles-related-content-card> (en anglais seulement)
- ²³ *Ibid.*
- ²⁴ *Ibid.*
- ²⁵ Evergreen. (2023). *Approches intelligentes novatrices à usage mixte pour la résilience climatique*. Centre de ressources d'Evergreen. <https://futurecitiescanada.ca/portal/wp-content/uploads/sites/2/2023/12/csn-fr-research-brief-smart-creative-mixed-use-climate-nov-2023pdf.pdf>
- ²⁶ Nasa, E. S. D. S. (2023, July 27). *Digital Elevation/Terrain Model (DEM)* | EarthData. Earthdata. <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/land-surface/topography/terrain-elevation/digital-elevation-terrain-model-dem> (en anglais seulement)

²⁷ *Heat Island Effect*. 2023. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/heatislands> (en anglais seulement)

²⁸ Glossaire des villes intelligentes – Portail de solutions pour les communautés. 2023. Portail de solutions pour les communautés. 3 février 2023. <https://futurecitiescanada.ca/portal/fr/ressources/glossaire-des-villes-intelligentes/>

²⁹ *Fighting Climate Change with the AI for the Planet Alliance*. 2023. UNESCO, avril. <https://www.unesco.org/en/articles/fighting-climate-change-ai-planet-alliance> (en anglais seulement)

³⁰ Glossaire des villes intelligentes – Centre de ressources d'Evergreen. (24 novembre 2024). Centre de ressources d'Evergreen. <https://futurecitiescanada.ca/portal/fr/ressources/glossaire-des-villes-intelligentes/>

³¹ Approches intelligentes novatrices à usage mixte pour la résilience climatique. (2023). Dans Evergreen, Centre de ressources d'Evergreen [Résumé de recherche]. <https://futurecitiescanada.ca/portal/wp-content/uploads/sites/2/2023/12/csn-fr-research-brief-smart-creative-mixed-use-climate-nov-2023pdf.pdf>

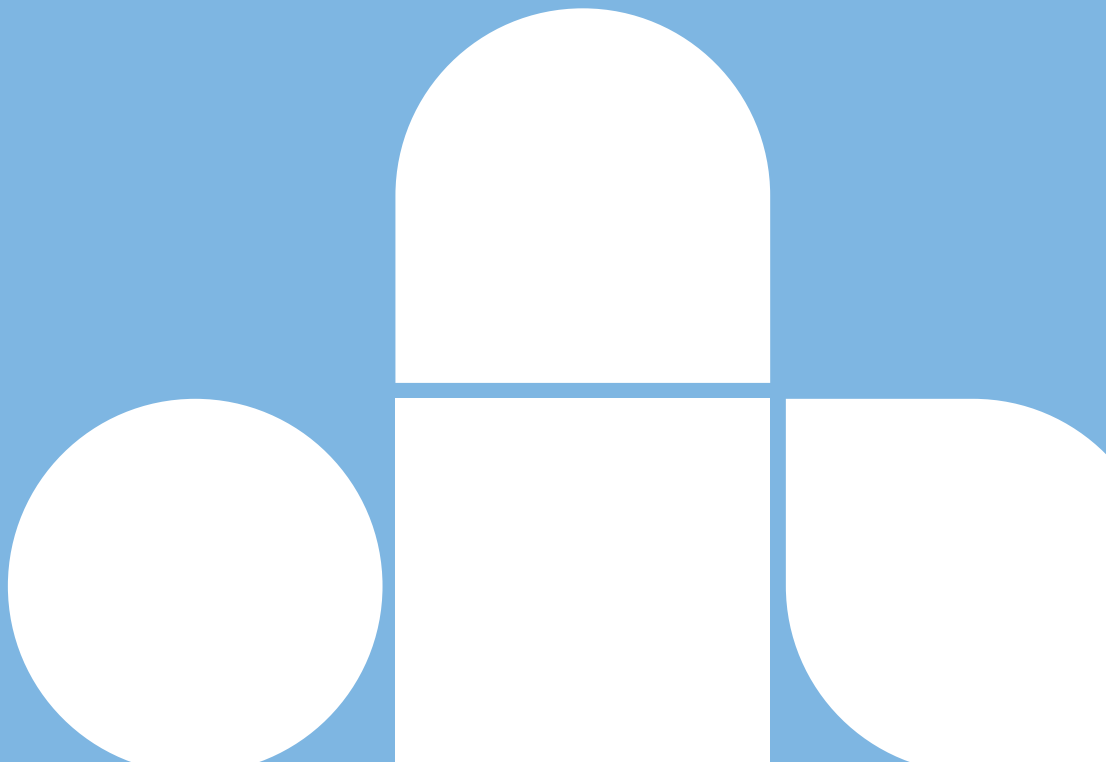
³² Nasa, E. S. D. S. (27 juillet 2023). *Digital Elevation/Terrain Model (DEM)* | EarthData. Earthdata. <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/land-surface/topography/terrain-elevation/digital-elevation-terrain-model-dem> (en anglais seulement)

³³ Ferraiolo, H., Chandramouli, R., Ghadiali, N., Mohler, J., Shorter, S., et le National Institute of Standards Technology. (2015). *NIST Special Publication 800-79-2 Guidelines for the Authorization of Personal Identity Verification Card Issuers (PCI) and Derived PIV Credential Issuers (DPCI) (By National Institute of Standards Technology)*.

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-79-2.pdf> (en anglais seulement)

³⁴ *GIS (Geographic Information System)*. (n.d.). National Geographic Education. <https://education.nationalgeographic.org/resource/geographic-information-system-gis/>

evergreen.ca/fr



Responsable du projet :



Principal partenaire technique :



Financé par :

