



# Conceptualisation et mesure des espaces verts aux fins de surveillance en santé publique

## SURVEILLANCE DES MALADIES CHRONIQUES

Numéro 24

### PRINCIPAUX CONSTATS

**+** Les espaces verts sont promus par plusieurs en raison de leurs nombreux bénéfices sur la santé des collectivités, notamment dans un contexte de changements climatiques. Cependant, il n'existe aucune définition consensuelle sur les espaces verts.

Leur potentiel d'attractivité peut être conceptualisé à l'aide de fonctions. Parmi celles-ci, trois départagent les espaces verts selon leur principale vocation, soit les fonctions naturelle, sportive et ludique. Les cinq autres fonctions réfèrent plutôt à leur sécurité, leur superficie et leur accessibilité, selon qu'on s'y rend à pied ou en vélo, en transport en commun ou en automobile.

Ce document présente des façons de mieux mesurer l'attractivité, la distance réelle, et donc l'exposition aux espaces verts, en tenant compte des points d'accès, des barrières et des fonctions; en considérant l'évolution temporelle.

La méthodologie décrite permettrait de mieux quantifier ce déterminant majeur de la santé dans une perspective de surveillance des maladies chroniques et des inégalités sociales de santé.

### Mise en contexte

Les espaces verts (EV) des grands centres urbains suscitent un véritable engouement ces dernières décennies.

Les EV peuvent séquestrer de grandes quantités de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), surtout s'ils incluent des arbres matures. En effet, un gros arbre à son niveau maximal de croissance capte beaucoup plus de CO<sub>2</sub> (360 kilogrammes par an, kg/an) qu'un petit arbre à croissance lente (16 kg/an) (Mcpherson & Simpson, 1999). Cette contribution des EV est donc majeure dans un contexte de changements climatiques, puisque le CO<sub>2</sub> demeure le plus important gaz à effet de serre (GES), et ce, en considérant sa très grande abondance dans l'atmosphère et l'augmentation rapide de sa concentration (GIEC, 2014).

Les EV gagnent aussi en intérêt pour leur rôle central dans la diminution de l'ozone, un autre GES et polluant toxique. En 2007, il a été estimé qu'une hausse de 10 % du couvert arboré de l'île de Montréal réduirait la concentration d'ozone de 4,7 % lors de pics de pollution et de 6,2 % dans des conditions hors pics. En outre, chaque arbre mature pourrait intercepter jusqu'à 20 kg/an de poussières en suspension dans l'air, dont des particules fines nocives (Vergriete & Labrecque, 2007). Or, l'ozone et les particules constituent les deux principales composantes du smog en été (MDDELCC, 2016).

En plus, les EV réduisent l'effet d'îlots de chaleur urbains (ICU) sur la température ambiante. Diverses publications scientifiques en ont fait état, dont la récente évaluation par Environnement Canada de plusieurs projets d'aménagement d'îlots de fraîcheur appuyés par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), dans le cadre

du Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 du gouvernement québécois (INSPQ, 2014). Ainsi, la végétalisation d'un petit parc de l'arrondissement de Verdun à Montréal, autrefois très asphalté, a permis de réduire la température ambiante jusqu'à 3,7 °C, avec une baisse moyenne de 1,35 °C, jours et nuits confondus.

Les EV contribuent à séquestrer des métaux lourds (plomb, etc.), réduire le bruit, la pollution des eaux de surface (Vergriete & Labrecque, 2007; Roy et collab., 2012), la consommation d'énergie (p. ex., moins de climatisation), et bien plus (Nowak et collab., 2012).

Ultimement, les EV améliorent et protègent la santé des populations tout en offrant de nombreux autres bénéfices sur l'utilisation des systèmes de santé et sur l'économie.

En effet, les EV aident à prévenir des conséquences sanitaires néfastes liées à la chaleur, voire le risque de décès (p. ex., Mitchell & Popham, 2008), en atténuant l'impact des ICU (INSPQ, 2014) tout en favorisant l'adaptation autrement qu'avec la climatisation à domicile (Bélanger et collab., 2016).

Les EV réduisent aussi l'ampleur de la mortalité et de la survenue de symptômes respiratoires aigus en s'attaquant à la pollution atmosphérique (Nowak et collab., 2014; Coutts & Hahn, 2015). Aux États-Unis et seulement pour 2010, cette fonction des EV a signifié 850 décès et 670 000 cas de symptômes respiratoires aigus en moins, ainsi qu'une économie de 6,8 milliards de dollars américains en prestations de soins médicaux.

Enfin, vivre à proximité d'un EV est associé à une meilleure santé auto-rapportée et diagnostiquée (Vida 2011), à moins de symptômes psychologiques, d'anxiété, de dépression et de stress (Vida 2011, Lee & Maheswaran, 2011), ainsi qu'à la réduction des inégalités socioéconomiques de santé (Mitchell & Popham, 2008, Ngom et collab., 2016b). Les EV favoriseraient aussi un niveau de cohérence sociale plus élevé (Vida 2011, Lee & Maheswaran, 2011), de même que la pratique d'exercices physiques (Van den Berg et collab., 2010), laquelle prévient ou contrôle de nombreuses affections chroniques comme le diabète (Patz et collab., 2014).

Cela étant, la relation entre l'exposition aux EV et la santé est complexe. La disponibilité d'EV varie considérablement entre les différentes zones urbaines, et

il n'existe pas de normes universelles permettant de les caractériser de façon optimale (Lee & Maheswaran, 2011). D'où l'importance de la présente publication, dont l'objectif est de suggérer une façon de mesurer les EV dans une perspective de surveillance en santé publique. Cette méthodologie a été utilisée avec succès dans le cadre du Programme de recherche en santé cardiovasculaire et changements climatiques 2011-2016, réalisé dans le cadre d'une entente entre l'INSPQ et le Centre de recherche Eau-Terre-Environnement de l'Institut national de recherche scientifique du Québec (Ngom et collab., 2015; Ngom et collab., 2016a; Ngom et collab., 2016b).

## Définir un espace vert

En 2011, le Canada comptait quelque 16 000 parcs, incluant des parcs nationaux, provinciaux et territoriaux, des réserves écologiques, des sanctuaires de grizzlis, des parcs forestiers, municipaux, patrimoniaux et privés, des aires protégées, de loisirs, des terrains de golf, etc. (Desktop Managing Technologies inc., DMTI, 2016).

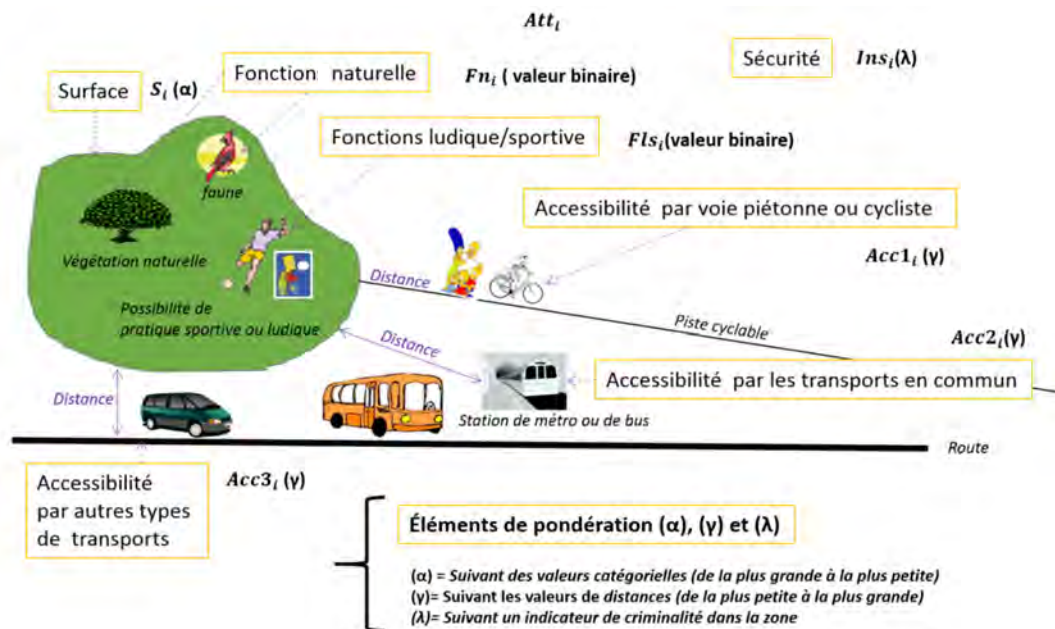
Il n'existe pas de définition consensuelle sur ce qu'est un EV. Comme l'étude s'inscrivait dans une démarche exploratoire, tous les types d'EV ouverts et végétalisés ont donc été considérés.

Vu leur nombre élevé et leur grande diversité, nous avons développé un cadre conceptuel sur leur potentiel d'attractivité.

Par potentiel d'attractivité, on entend l'ensemble des fonctions qu'un EV possède et qui peut influencer directement ou indirectement sur le bien-être et la santé d'une population. Huit fonctions ont ainsi été définies sur la base de la littérature scientifique (p. ex., Lee & Maheswaran, 2011). De ces fonctions, trois départagent les EV selon le principal type d'activités qu'on peut y pratiquer (soit les fonctions naturelle, sportive et ludique). Les cinq autres fonctions réfèrent à leur sécurité, leur superficie et leur accessibilité, selon qu'on s'y rend à pied ou en vélo, en transport en commun ou en automobile.

Ces fonctions sont présentées à la figure 1. On y note que les caractéristiques intrinsèques des EV sont qualifiées (variables binaires ou catégorielles), alors que son accessibilité est mesurée par des distances (variables continues).

Figure 1 Définition des fonctions des espaces verts



## Opérationnaliser la définition d'un espace vert

### Base de données

Au Canada, il est possible d'extraire des données sur les EV à partir des produits de Desktop Managing Technologies Inc. (DMTI). La précision et l'exhaustivité de ces données sont telles que des compagnies de géolocalisation comme Garmin et Google Allstream en dépendent. Ce sont essentiellement ces données qui ont servi à l'opérationnalisation des fonctions d'un EV. Dans l'étude, elles nous ont permis:

- De cartographier la localisation des codes postaux à une échelle de 1: 50 000 (CanMap Postal Code Suite);
- De représenter les parcs nationaux, provinciaux et territoriaux, ainsi que les aires récréatives (CanMap Parks and Recreation);

- De fournir une carte précise du réseau routier, incluant notamment les directions, les restrictions, les pentes, ainsi que des estimations de la durée et de la vitesse d'un trajet (CanMap Route Logistics);
- D'inclure des milliers de points d'intérêt commercial ou récréatif (Enhanced Points of Interest), tous les géocodés et localisés (CanMap Streetfiles).

## Découpages administratifs et spatiaux

Les codes postaux ont été considérés comme le niveau de découpage spatial le plus fin. La base de données DMTI contient la définition historique des codes postaux (dates de création et de retrait, le cas échéant). Il a ainsi été possible d'arrimer le lieu de résidence des participants aux EV situés dans ou près de leur quartier. Par quartier, on entend les découpages administratifs que constituent les secteurs de dénombrement (SD) avant 2006<sup>1</sup> et les aires de diffusion (AD) par la suite<sup>2</sup>.

## Vérification de la végétation dans un espace vert

Afin de s'assurer que tous les EV considérés dans l'étude étaient au moins quelque peu végétalisés, la présence de végétation dans les données de DMTI a été vérifiée à l'aide de l'application ArcGIS de l'Environmental Systems Research Institute (ESRI). Puisqu'un EV peut favoriser la santé cardiovasculaire même s'il est peu végétalisé, les valeurs de l'indice de végétation n'ont pas été retenues. Ces valeurs pourraient toutefois être utiles à d'autres objectifs de santé publique (p. ex., effet de la végétation sur la santé mentale).

## Mesure des fonctions d'un espace vert

### Fonctions naturelles, sportives ou ludiques

Les requêtes spatiales de l'application ArcGIS de ESRI ont été utilisées pour illustrer quels éléments intégrés se trouvaient dans chaque polygone<sup>3</sup> représentant un EV dans les données DMTI. Trois variables binaires mutuellement exclusives découlent de ces analyses et permettent de départager les EV essentiellement à vocation naturelle (parcs nationaux, parcs provinciaux, forêts) des EV surtout à vocation sportive (terrain de golf, de football, etc.) ou ludique (aire de jeux, foires, etc.).

### Fonction de sécurité

Un indicateur de la criminalité dans la zone où était situé un EV renseigne sur le niveau de sécurité pouvant être perçu et associé à l'EV par les utilisateurs potentiels. Bien qu'importante selon certaines recherches (p. ex., Lee & Maheswaran, 2011), cette fonction n'a pu être mesurée dans cette étude, en raison du manque de données valides à ce propos dans les enquêtes populationnelles canadiennes.

### Fonction de superficie

La superficie de la surface de chaque polygone représentant un EV dans les données DMTI a été calculée. La valeur surfacique moyenne était de 0,77 km<sup>2</sup>, avec une étendue allant de 2,5 m<sup>2</sup> à 720 km<sup>2</sup>.

### Fonctions d'accessibilité

La fonction d'accessibilité aux EV par les pistes piétonnes ou cyclables a été construite sur la base de cartes papiers disponibles. Deux variables distinctes ont été définies. La première variable correspond à la distance euclidienne<sup>4</sup> entre un EV et les pistes, alors que la deuxième est une variable binaire indiquant la présence ou non de pistes piétonnes ou cyclables à l'intérieur même des EV. La fonction d'accessibilité aux EV via les routes par des véhicules motorisés autres que les transports en commun a aussi été définie selon les mêmes deux variables. Enfin, la fonction d'accessibilité aux EV par les transports en commun a été calculée sur la base de la distance euclidienne entre les EV (limites des polygones) et les arrêts d'autobus ou de métro. À cette fin, les données des réseaux de transports en commun ont été ajoutées à celles de la base DMTI. Ces données proviennent de la Société de transport de Montréal, du Réseau de transport de la Capitale et du Transport collectif de La Jacques-Cartier.

L'accessibilité à un EV (destination) a été estimée à partir du code postal du lieu de résidence des participants. Contrairement à ce qui est fait classiquement, les centroïdes (ou point milieu) des EV n'ont pas été

<sup>1</sup> Le secteur de dénombrement (SD) était l'unité de base de diffusion des recensements avant 2006. Il a ensuite été remplacé par une unité plus fine : l'aire de diffusion (Statistique Canada).

<sup>2</sup> Une aire de diffusion (AD) est une petite région composée de un ou de plusieurs îlots de diffusion avoisinants et regroupant de 400 à 700 habitants. L'ensemble du Canada est divisé en AD. Il s'agit de la plus petite région géographique normalisée pour laquelle toutes les données du recensement sont diffusées (Statistique Canada).

<sup>3</sup> Usuellement, un EV est représenté par un polygone, c'est-à-dire à l'aide d'une figure géométrique plane formée d'une ligne brisée et fermée.

<sup>4</sup> Distance à vol d'oiseau qui ne tient pas compte des contraintes, entre autres la topographie.

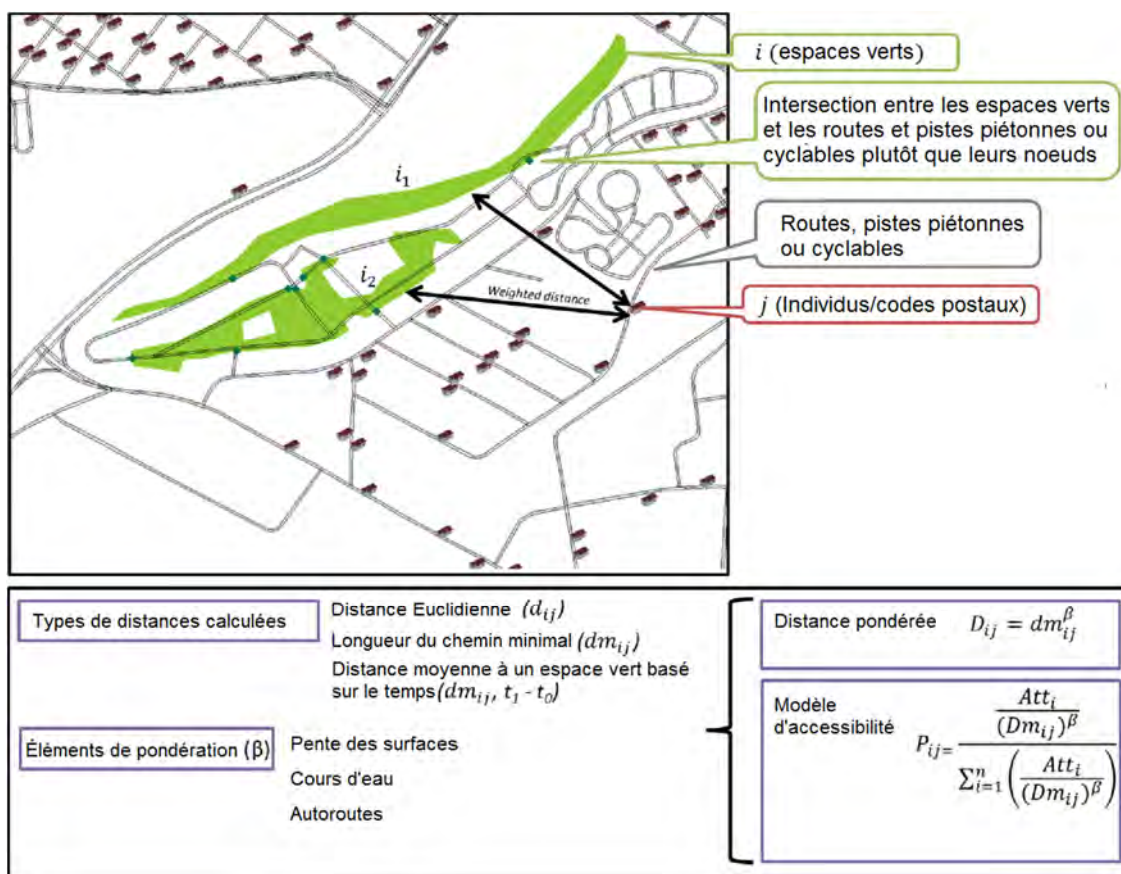


considérés comme points de destination du parcours afin de ne pas biaiser la valeur de la distance finale calculée, surtout pour des EV ayant une très grande surface (Omer, 2006). Ainsi, nous avons plutôt envisagé les points d'accès aux EV et les contraintes pouvant restreindre leur accessibilité (Zhang et collab., 2011).

Les points d'accès aux EV correspondent à l'intersection entre les EV et les routes ou, selon le cas, les pistes

piétonnes ou cyclables (figure 2). Pour les EV qui n'avaient pas d'intersection, nous avons transformé les polygones des EV en points correspondant à leurs nœuds (c'est-à-dire les points qui relient les lignes du polygone). Ceci nous a notamment permis de géolocaliser les limites extrêmes des EV. Pour chaque EV, nous avons donc obtenu de multiples points partageant le même identifiant unique et les mêmes fonctions dans la base de données.

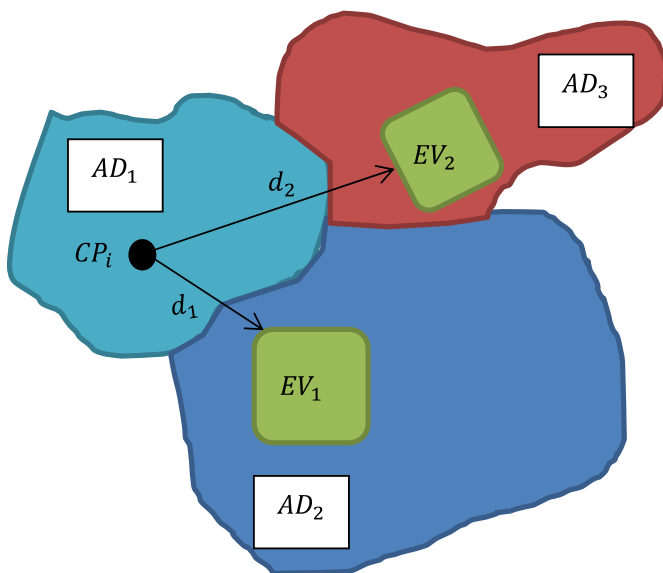
**Figure 2** Calcul des distances pondérées aux espaces verts par les réseaux de transports



Les contraintes pouvant restreindre l'accessibilité à un EV sont la topographie ainsi que les restrictions bâties et naturelles. Dans l'étude, il s'agit de la pente des surfaces, des autoroutes et des cours d'eau, tels que décrits dans les données DMTI. Ces trois contraintes ont été incluses à titre de facteurs de pondération dans le calcul des distances. En effet, les individus pouvant paraître résider près des EV (lorsqu'on considère la distance visuelle à vol d'oiseau et non pondérée) peuvent, en réalité, en être éloignés en raison de restrictions et d'autres conditions topographiques limitant ou empêchant leur accès.

Les distances pondérées entre les codes postaux de résidence des participants et les EV les plus près (figure 3) ont été calculées avec le module *Network Analyst* d'ArcGIS (ESRI). Pour chaque participant de l'étude, une valeur de l'EV le plus près a ensuite été couplée à toutes les fonctions, préalablement calculées à l'aide de requêtes *Structured Query Language* (SQL) (SQL).

**Figure 3** Distance du domicile à l'espace vert le plus près



Légende EV : espace vert, AD : aire de diffusion de recensement, CP : code postal (lieu de résidence), d : distance.

## Estimer la probabilité d'attractivité d'un espace vert

Comme dans Zhang et collab. (2011), il est aussi possible d'estimer la probabilité  $P_{ij}$  que les résidents d'un code postal donné ( $i$ ) soient attirés par un EV ayant une fonction précise ( $j$ ). Basée sur la formule de Huff (Huff, 1964), cette probabilité se calcule comme suit :

$$P_{ij} = \frac{\frac{Att_i}{(D_{ij})^\beta}}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{Att_i}{(D_{ij})^\beta} \right)}$$

Où

$Att_i$  est la valeur d'une fonction précise (surfaces, distances aux fonctions pour les EV);

$D_{ij}$  est la distance pondérée entre les codes postaux de résidence et les EV;

$\beta$  est une fonction de frottement décroissant de la distance entre codes postaux, qui correspond à un coefficient que nous avons établi de façon arbitraire et alloué à tous les codes postaux ( $\beta = 0.5$ ).

Afin de mieux mesurer l'impact de la distance aux EV sur la santé, nous avons divisé la variable de distance pondérée aux EV en quatre intervalles consécutifs (quartiles) et contenant pratiquement le même nombre d'observations.

## Les changements d'exposition aux espaces verts

Un changement dans l'exposition aux EV est compris comme un déménagement ou tout changement de l'environnement d'un individu impliquant une variation de sa distance euclidienne aux EV. Pour intégrer cet aspect et son possible effet sur la santé cardiovasculaire, deux variables ont été construites.

La première variable considère la classification des codes postaux de résidence suivant la stabilité, c'est-à-dire leur distance par rapport aux EV durant la période maximale d'exposition étudiée (fenêtre temporelle, par exemple de 2006 à 2011). Cette valeur est basée sur un calcul de l'écart de distances des codes postaux aux EV entre les années extrêmes ( $d_{t_{i1}} - d_{t_{i0}}$ ) des fenêtres temporelles,  $d_{t_{i1}}$  étant la distance euclidienne aux EV pour la dernière année ( $t_{i1}$ ) et  $d_{t_{i0}}$  celle pour la première année ( $t_{i0}$ ). Un environnement a été considéré comme étant stable si la variation de cette distance n'excédait pas 400 mètres (que la valeur soit positive ou négative). Un éloignement implique donc à la fois une valeur absolue de distance de plus de 400 mètres et une valeur  $d_{t_{i1}}$  supérieure à  $d_{t_{i0}}$ . Tandis qu'un rapprochement implique une valeur absolue de distance de plus de 400 mètres et une valeur  $d_{t_{i0}}$  supérieure à  $d_{t_{i1}}$ . La première variable  $|VarEV_i|$ , est formulée de la façon suivante :

$$|VarEV_i| = \begin{cases} \text{Éloignement} : \forall VarEV_i \in \mathbb{R}, VarEV_i > 400m, & \text{soit } (d_{t_{i1}} - d_{t_{i0}}) > 400m \\ \text{Stabilité} : \forall VarEV_i \in \mathbb{R}, VarEV_i \leq -400m \text{ et } \geq 400m, & \text{soit } (d_{t_{i1}} - d_{t_{i0}}) \leq -400m \text{ et } \geq 400m \\ \text{Rapprochement} : \forall VarEV_i \in \mathbb{R}, & VarEV_i < -400m, \text{ soit } (d_{t_{i1}} - d_{t_{i0}}) < -400m \end{cases}$$

Quant à la deuxième variable, elle fait référence au nombre d'années passées par un individu au même code postal pour une fenêtre temporelle donnée (par exemple de 2006 à 2011) sans tenir compte de la variation de la distance aux EV. La stabilité résidentielle ( $Stb_i$ ) ainsi définie est basée sur la formule suivante :

$$Stb_i = \frac{\text{Nombre d'années passées au même endroit dans une fenêtre temporelle}}{\text{Nombre d'années de base (fenêtre temporelle)}}$$

Le nombre d'années de base (dénominateur) représente la période maximale d'exposition.

## Inférer le niveau individuel au niveau des aires de diffusion

Nous avons alloué les valeurs définies au niveau correspondant au code postal de résidence des participants, dans un quartier donné. Ainsi, nous avons calculé des sommes pour des variables de comptage (p. ex., le nombre de personnes rencontrant l'issue sanitaire à expliquer, par AD ou SD). Les variables qualitatives correspondant à une définition binaire au niveau individuel ont aussi fait l'objet d'une addition (p. ex., la somme de tous les EV retenus sous la fonction naturelle par AD ou SD). Enfin, des moyennes ont été calculées par AD ou SD pour les variables mesurées en continu au niveau des individus (p. ex., l'accessibilité par pistes cyclables ou piétonnes).

Il est important de rappeler que pour les variables qualitatives à caractère binaire des fonctions des EV, c'est la fonction spécifique de l'EV le plus proche du code postal du domicile qui est considérée (ainsi, la fonction de distance est implicite dans la définition statistique de ces variables dans les bases de données). Après inférence au niveau du quartier, cette variable devient donc continue, indiquant le nombre d'individus dans une AD ou un SD dont l'EV le plus proche rencontre une fonction spécifique (p.ex., : dans l'AD 123 456, on compte 10 personnes dont l'EV le plus près du code postal du domicile a une fonction ludique, 15 personnes dont l'EV le plus près a une fonction sportive, mais aucun EV ayant une fonction naturelle)

## Conclusion

Les EV comptent plusieurs bénéfices pour l'environnement, l'économie, le bien-être et la santé des collectivités. En particulier dans un contexte de changements climatiques et de pollution atmosphérique en augmentation. En effet les EV séquestrent le CO<sub>2</sub>, contribuent à la lutte contre les îlots de chaleur urbains et à la pollution de l'air et favorisent ainsi l'adaptation à la chaleur des populations avoisinantes.

En l'absence de définition consensuelle des EV, leur conceptualisation en termes de fonctions constitue donc un ajout innovateur et des plus utiles à la surveillance de la santé publique, car elle permet de mieux caractériser l'exposition aux EV et d'améliorer la quantification de leurs bénéfices éventuels. En outre, il est possible d'extraire certaines données de qualité à ce sujet, à partir des fichiers DMTI. Leur mesure effective est toutefois confrontée à diverses limites. Il s'agit notamment de l'impossibilité de départager les EV en fonctions naturelle, sportive et ludique avant 2001 et de calculer la distance d'un code postal à un EV avant 2006 à partir des données DMTI. De même, les enquêtes canadiennes populationnelles ne fournissent pas de données valides sur la fréquentation des EV ni sur la sécurité des zones où ils sont situés. Pour pallier ces lacunes, le développement éventuel de banques de données nationales sur le quartier serait donc primordial pour la surveillance en santé publique.



## Références

- Bélangier, D., Abdous, B., Valois, P., Gosselin, P., & Sidi, E. A. L. (2016). A multilevel analysis to explain self-reported adverse health effects and adaptation to urban heat: a cross-sectional survey in the deprived areas of 9 Canadian cities. *BMC public health*, 16(1), 1.
- Coutts, C., & Hahn, M. (2015). Green Infrastructure, Ecosystem Services, and Human Health. *International journal of environmental research and public health*, 12(8), 9768-9798.
- Desktop Managing Technologies Inc. (DMTI) Available online: <http://www.dmtispatial.com/canmap>. Consulté le 19 décembre 2016.
- GIEC (2014) Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Huff, D. L. (1964). Defining and estimating a trading area. *The Journal of Marketing*, 34-38.
- INSPQ. (2014). Étude de performance de projets de lutte aux îlots de chaleur urbains dans la région de Montréal. Synthèse de l'étude d'Environnement Canada.
- Lee, A. C., & Maheswaran, R. (2011). The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. *Journal of public health*, 33(2), 212-222.
- McPherson, E. G., & Simpson, J. R. (1999). Carbon dioxide reduction through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters.
- MDELCC. Info Smog. Accessible au <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/info-smog/index.htm>. Consulté le 19 décembre 2016.
- Mitchell, R., Popham, F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: An observational population study. *Lancet* 2008, 372, 1655-1660.
- Ngom, R., Gosselin, P., Blais, C., & Gloaguen, E. (2015). Programme de recherche en santé et changements climatiques 2011-2015 : Études appliquées à la relation maladies cardiovasculaires-météorologie/climat au Québec (PACC – volet MCV): Projet E3: Contribution du déficit d'espaces verts à la morbidité et à la mortalité pour cause de maladies cardiovasculaires les plus mortelles, au Québec pour la période 1996-2011.
- Rapport de recherche (R1700). INRS, Centre Eau Terre Environnement, Québec. Accessible au <http://espace.inrs.ca/4836/>.
- Ngom, R., Gosselin, P., & Blais, C. (2016a). Reduction of disparities in access to green spaces: their geographic insertion and recreational functions matter. *Applied Geography*, 66, 35-51.
- Ngom, R., Gosselin, P., Blais, C., & Rochette, L. (2016b). Type and Proximity of Green Spaces Are Important for Preventing Cardiovascular Morbidity and Diabetes—A Cross-Sectional Study for Quebec, Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(4), 423.
- Nowak, D. J., Robert III, E., Bodine, A. R., Greenfield, E. J., Ellis, A., Endreny, T. A., & Henry, R. (2013). Assessing urban forest effects and values: Toronto's urban forest.
- Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A., & Greenfield, E. (2014). Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119-129.
- Omer, I. (2006). Evaluating accessibility using house-level data: a spatial equity perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2005.06.004>.
- Patz, J. A., Frumkin, H., Holloway, T., Vimont, D. J., & Haines, A. (2014). Climate change: challenges and opportunities for global health. *JAMA*, 312(15), 1565-1580.
- Roy, S., Byrne, J., & Pickering, C. (2012). A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and assessment methods across cities in different climatic zones. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(4), 351-363.
- Vida, S. (2011). *Les espaces verts urbains et la santé*. Institut national de santé publique du Québec.
- Vergriete, Y., & Labrecque, M. (2007). Rôle des arbres et des plantes grimpantes en milieu urbain: Revue de littérature et tentative d'extrapolation au contexte montréalais. *Rapport d'étape*.
- Zhang, X., Lu, H., & Holt, J. B. (2011). Modeling spatial accessibility to parks: a national study. *International Journal of Health Geographics*, 10, 31. <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-10-31>

# Conceptualisation et mesure des espaces verts aux fins de surveillance en santé publique

## AUTEURS

Roland Ngom<sup>1-2</sup>  
Pierre Gosselin<sup>2-3-4-5</sup>  
Claudia Blais<sup>5-6</sup>  
Erwan Gloaguen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research & Innovation, Alberta Health Services, Calgary.

<sup>2</sup> Institut national de la recherche scientifique - Centre Eau Terre Environnement, Québec

<sup>3</sup> Département de médecine sociale et préventive, Faculté de médecine, Université Laval, Québec

<sup>4</sup> Centre de recherche du Centre hospitalier universitaire de Québec, Québec

<sup>5</sup> Institut national de santé publique du Québec, Québec

<sup>6</sup> Faculté de pharmacie, Université Laval, Québec

## MISE EN PAGE

Nabila Haddouche  
Bureau d'information et d'études en santé des populations

## ORGANISME SUBVENTIONNAIRE

Cette étude a été financée par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'Action sur les changements climatiques 2006-2012 du gouvernement du Québec.

*Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.*

*Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : [droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 2<sup>e</sup> trimestre 2019  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN : 978-2-550-83797-8 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2019)

N<sup>o</sup> de publication : 2555