Application d'un outil fondé sur les données probantes pour évaluer les effets sanitaires de changements dans le milieu bâti

Jared M. Ulmer, M.P.H.¹, James E. Chapman, M.S.¹, Suzanne E. Kershaw, M.S.A.¹, Monica Campbell, Ph.D.^{2,3}, Lawrence D. Frank, PhD⁴

RÉSUMÉ

OBJECTIFS : Créer et appliquer un outil empirique d'évaluation de l'impact sur la santé et sur les gaz à effet de serre (GES) qui relie des indicateurs détaillés du potentiel piétonnier et de l'accessibilité régionale aux déplacements, à l'activité physique, aux indicateurs de santé et aux émissions de GES.

MÉTHODE : Les caractéristiques d'aménagement des parcelles et du système de transport ont été calculées dans une zone tampon d'un kilomètre autour de chaque code postal à Toronto. Des indicateurs du milieu bâti ont été reliés aux caractéristiques sanitaires et démographiques tirées de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes et aux comportements de déplacement fournis par le sondage Transport Tomorrow. Les résultats ont été intégrés dans un outil logiciel existant et ont servi à prédire les indicateurs sanitaires et les émissions de GES associés à la remise en valeur des terrains de l'Ouest de la rivière Don à Toronto.

RÉSULTATS : Le potentiel piétonnier, l'accessibilité régionale, les trottoirs, les installations pour cyclistes et l'accès aux installations de loisirs ont été associés positivement avec l'activité physique et négativement avec le poids, l'hypertension artérielle et les impacts des transports. Appliqué aux terrains de l'Ouest de la rivière Don, l'outil logiciel a prédit un recul important de l'usage de l'automobile au profit de la marche, du cyclisme et des transports en commun. Selon l'outil, les trajets à pied et à vélo pourraient plus que doubler, et les trajets en transports en commun pourraient augmenter du tiers. Les trajets en automobile par habitant pourraient diminuer de moitié, les kilomètres parcourus en automobile, de 15 %, et les émissions de GES, de 29 %.

CONCLUSION : Les résultats présentés ici sont nouveaux et comptent parmi les premiers à relier des effets sanitaires et des caractéristiques précises du milieu bâti au Canada. L'outil qui en résulte est le premier du genre au Canada. Il peut aider les responsables des politiques, les urbanistes, les planificateurs des transports et les professionnels de la santé à évaluer les influences du milieu bâti sur les indicateurs sanitaires et les émissions de GES résultant de politiques et d'actions comparées en matière d'aménagement du territoire et de transports.

MOTS CLÉS : environnement et santé publique; techniques d'aide à la décision; urbanisme; systèmes d'information géographique; évaluation d'impact sur la santé; analyse spatiale

Rev can santé publique 2015;106(1)(Suppl. 1):eS27-eS34.

L'épidémie d'obésité en cours est bien attestée^{1,2}. Au Canada, la prévalence du surpoids est passée de 28 % à 34 % entre 1985 et 2003, et l'obésité a grimpé de 7 à 16 % sur la même période³. Les facteurs sociétaux communément cités sont le glissement des professions actives aux professions sédentaires, la domination actuelle de l'automobile sur la liste des moyens de transport, l'augmentation des temps de loisir sédentaires, l'activité physique insuffisante pendant les loisirs et l'accès facile à des aliments peu coûteux et à haute teneur en calories^{4,5}. La sédentarité et le surpoids ou l'obésité sont des facteurs de risque pour de nombreuses maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, diabète de type II), lesquelles sont aussi en hausse⁶⁻⁸. Ces conditions ont un impact de plus en plus préjudiciable sur la qualité de vie des particuliers et des répercussions sur les dépenses individuelles et publiques en soins de santé^{9,10}.

Inverser les tendances haussières du poids et des maladies chroniques exigera à la fois des approches individuelles et populationnelles menées dans de multiples milieux¹¹. Jusqu'à maintenant, les données probantes publiées indiquent que le milieu bâti a un impact léger mais significatif sur l'activité physique, l'obésité et les maladies chroniques¹². Ces données identifient les caractéristiques du milieu bâti associées à des

niveaux supérieurs de transport actif (p. ex., la diversité des usages du sol), à l'activité physique pendant les loisirs (p. ex., l'accès aux parcs et aux installations récréatives) et la consommation d'aliments sains (p. ex., l'accès aux magasins de fruits et légumes frais)¹³⁻¹⁵. Des études ont aussi identifié les

Affiliations des auteurs

1. Urban Design 4 Health, Vancouver (Colombie-Britannique)
2. Service de santé publique de Toronto, Toronto (Ontario)
3. École de santé publique Dalla Lana, Université de Toronto, Toronto (Ontario)
4. Écoles de santé environnementale et de planification communautaire et régionale, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver (Colombie-Britannique)

Correspondance : Lawrence D. Frank, Écoles de santé environnementale et de planification communautaire et régionale, Université de la Colombie-Britannique, 231-1933 West Mall, Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 1Z2, tél. : 604-822-5387, courriel : lawrence.frank@ubc.ca.

Remerciements : L'étude présentée dans cet article a été rendue possible grâce à l'apport financier de Santé Canada octroyé à « Bâtir un Canada en santé » par le biais du projet COALITION (Connaissances et action liées pour une meilleure prévention) du Partenariat canadien contre le cancer. Les points de vue exprimés sont ceux de Bâtir un Canada en santé et ne reflètent pas nécessairement ceux des bailleurs de fonds du projet. Nous remercions aussi pour leur soutien les partenaires de Bâtir un Canada en santé, dont Stephen Samis (anciennement de la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC) et maintenant de la Fondation canadienne pour l'amélioration des services de santé), Alice Miro, Kim Perrotta (anciennement de Santé publique Toronto) et d'autres à la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC; Ronald Macfarlane et d'autres à Santé publique Toronto; Santé publique de Peel; Fraser Health Authority; et Vancouver Coastal Health. Enfin, nous remercions pour leur contribution les autres membres de l'équipe, issus d'Urban Design 4 Health (Eric Fox et Sarah Kavage) et de Placeways (Doug Walker, Amy Anderson et Emily Cubbon).

Conflit d'intérêts : aucun à déclarer.

caractéristiques qui font obstacle à l'activité physique (p. ex., la circulation intense) ou qui sont associées à la consommation d'aliments malsains (p. ex., l'accès aux restaurants rapides)^{16,17}.

De récentes études canadiennes commencent à confirmer ces constatations, tant chez les adultes que chez les enfants¹⁸. Glazier et coll. ont constaté que les quartiers à fort potentiel piétonnier pour les adultes de Toronto présentent une corrélation significative avec des déplacements actifs plus nombreux, des trajets en automobile moins nombreux, une plus faible prévalence de surpoids ou d'obésité et une plus faible prévalence de diabète sucré¹⁹. Pouliou et Elliott rapportent qu'une densité de population résidentielle supérieure était associée à un indice de masse corporelle (IMC) inférieur chez les adultes torontois, et que des valeurs accrues pour la diversité des usages du sol, la densité de population résidentielle, la connectivité des rues et un indice du potentiel piétonnier étaient toutes associées à un IMC inférieur chez les adultes de Vancouver²⁰. Dans une étude auprès de jeunes de 10 à 14 ans menée à London (Ontario), Gilliland et coll. ont constaté une association entre un meilleur accès résidentiel aux possibilités récréatives et un IMC inférieur, et entre un plus grand accès des écoles aux établissements de restauration rapide et un IMC supérieur²¹.

À l'échelle individuelle, l'ampleur de l'effet des interventions sur le milieu bâti est probablement réduit, mais leurs avantages sont importants parce qu'ils profitent à beaucoup de gens, ce qui crée une exposition populationnelle à des changements structurels de l'environnement soutenus au fil du temps. Les changements au milieu bâti sont une forme durable de prévention et devraient compter parmi les nombreuses stratégies complémentaires utilisées pour améliorer la santé publique. Des changements structurels au milieu bâti sont souvent nécessaires à l'efficacité d'autres changements instaurés par des programmes. Il n'est pas efficace de promouvoir la marche et les déplacements actifs en l'absence d'infrastructures adéquates, par exemple. Les outils coûts-avantages qui servent actuellement à établir l'ordre de priorité de gros investissements dans les transports ne tiennent pas compte de toute la gamme des effets sanitaires qui, selon les études, résulteraient de changements au milieu bâti. Les données probantes de l'étude en cours, ainsi que celles du corpus croissant de recherches dans ce domaine, donnent à penser que ces outils devraient inclure les coûts associés à un plus vaste éventail de résultats sanitaires.

On intègre de plus en plus les évaluations d'impact sur la santé (ÉIS) dans les pratiques locales pour fournir aux acteurs du milieu et aux décideurs des informations liées à la santé. Les ÉIS peuvent être appliquées à des propositions de lois, de politiques, de programmes, de plans, de projets d'aménagement ou de priorités d'investissement pour évaluer leur impact potentiel sur la santé humaine. Le recours aux ÉIS gagne en popularité en Amérique du Nord depuis quelques années, bien qu'elles reposent le plus souvent sur des indicateurs non quantitatifs fondés sur l'application d'un nombre limité de données probantes publiées au sujet d'une décision ou d'un projet donné. Dans des revues récentes de la littérature, on a constaté que des indicateurs quantitatifs

n'étaient fournis que dans 11 ÉIS sur 27 menées aux États-Unis et dans 17 ÉIS sur 98 menées en Europe^{22,23}. La spécificité et la légitimité des ÉIS pourraient être considérablement renforcées par l'intégration de données quantitatives fondées sur des données probantes locales^{24,25}. C'est particulièrement souhaitable lorsque des interventions visant à améliorer les résultats sanitaires et environnementaux d'importantes propositions de développement des transports et d'aménagement du territoire peuvent avoir des conséquences financières à grande échelle et susceptibles de s'attirer des critiques. Les données qualitatives sont moins à même de résister aux contestations judiciaires.

L'étude en cours donne un aperçu de l'élaboration de modèles et de l'application d'une étude de cas pour un outil quantitatif d'ÉIS fondé sur des données probantes, créé et appliqué dans la Ville de Toronto. L'outil a été élaboré pour Santé publique Toronto dans le cadre de l'initiative Bâtir un Canada en santé du projet COALITION (Connaissances et action liées pour une meilleure prévention), financé par le Partenariat canadien contre le cancer²⁶. Il est déjà appliqué ailleurs au Canada et a été conçu pour prédire les niveaux d'activité physique, d'indicateurs sanitaires et d'émissions de GES associés à des propositions d'aménagement du territoire et de développement des transports.

MÉTHODE

La mise au point de l'outil du projet COALITION a comporté deux grandes étapes : l'agencement des modèles de prévision associant les caractéristiques du milieu bâti à des comportements/indicateurs sanitaires à l'aide des données transversales locales de Toronto, et la modification d'un outil logiciel existant (CommunityViz, développé par Placeways, LLC, Boulder, Colorado) pour prédire les changements des comportements/indicateurs sanitaires en réponse à des changements définis par l'utilisateur dans les caractéristiques du milieu bâti. L'outil a ensuite été appliqué à l'étude de cas de la remise en valeur des terrains de l'Ouest de la rivière Don, à Toronto, pour en démontrer la fonctionnalité.

CommunityViz (CViz) est une extension que l'on trouve dans le commerce du logiciel ArcMap (ESRI, Redlands, Californie). Nous avons sélectionné CViz pour la mise en œuvre de l'outil du projet COALITION parce qu'il est déjà très utilisé par les urbanistes pour évaluer les impacts de base (p. ex., sur les transports, l'environnement, les écoles) de scénarios d'aménagement des terres et d'investissements dans les transports et qu'il peut être personnalisé pour inclure des modèles d'effets sanitaires. CViz fournit une interface de système d'information géographique conviviale dont les planificateurs et les acteurs du milieu peuvent se servir pour analyser les conditions actuelles du milieu bâti, modifier les conditions futures et obtenir une rétroaction sur leurs impacts. Les utilisateurs de CViz ont deux grands moyens de manipuler les conditions futures pour générer de l'information sur leurs effets sanitaires : aménager/remettre en valeur le territoire et modifier les infrastructures de transport. La rétroaction de CViz est présentée selon une combinaison de cartes, de chiffres et de diagrammes qui comparent les conditions de base et les scénarios futurs pour les indicateurs qui intéressent l'utilisateur.

Figure 1. Vue d'ensemble du site des terrains de l'Ouest de la rivière Don (le secteur orangé représente les limites du site d'aménagement)

Variables dépendantes

Des variables dépendantes ont été dérivées de deux sources de données : le cycle 2007-2008 de l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) et le sondage *Transport Tomorrow* (STT) mené en 2006. Les variables dépendantes envisagées pour la construction du modèle ont été (pour celles tirées de l'ESCC) la marche et le vélo pour faire de l'exercice, la marche et le vélo pour se rendre au travail/à l'école, l'indice de masse corporelle, la dépense d'énergie quotidienne et la probabilité d'hypertension artérielle; et (pour celles tirées du STT) les trajets à pied/en vélo par jour, les trajets en transports en commun par jour, les trajets en automobile par jour, les kilomètres parcourus par jour et les émissions de CO₂ estimatives des véhicules par jour. L'échantillon de l'ESCC comptait 4 077 participants dans la ville de Toronto qui ont été géocodés par leur code postal. L'échantillon du STT comptait 22 091 participants dans la Ville de Toronto, géocodés par code postal. Il n'a pas été possible d'obtenir les dossiers de chaque répondant du STT; les données représentent plutôt les moyennes par code postal.

Variables indépendantes

Les variables du milieu bâti ont été mesurées pour les 47 246 codes postaux de la Ville de Toronto à l'aide des données des parcelles locales spatialement cadastrées, du réseau de transport (transports en commun et voies pour les véhicules, les piétons et les cyclistes) et des destinations (établissements de restauration, parcs et écoles). La zone tampon d'un kilomètre autour de chaque code postal a été incluse dans le calcul des variables du milieu bâti. Ces zones

tampon ont été créées pour englober le rayon des déplacements à partir du centre du code postal, dans toutes les directions, sur un kilomètre le long du réseau routier (à l'exception des routes à accès limité). Cette approche a été validée à maintes reprises dans d'autres études évaluées par des pairs²⁷⁻²⁹. Les variables du milieu bâti étaient la longueur des routes; les installations pour bicyclettes et les trottoirs; la distance jusqu'à la grande artère, l'école et l'arrêt/la station de transports en commun les plus proches; l'accessibilité des grandes destinations régionales; plusieurs vecteurs de densité, dont la densité résidentielle nette, les intersections, les écoles, les arrêts de transports en commun et le type de chaque établissement de restauration (restaurants assis et rapides, épiceries et dépanneurs) et les indicateurs d'aménagement du territoire, dont un indicateur entropique des zones polyvalentes, du rapport surface de vente/territoire et de la zone de parc.

Des covariables démographiques et socioéconomiques ont aussi été incluses dans les modèles à titre de variables de contrôle indépendantes. Ces covariables ont été directement tirées de l'ESCC et du STT lorsqu'elles étaient disponibles. Quand des covariables essentielles n'étaient pas présentes dans ces deux sources, leurs valeurs pour chaque participant ont été imputées à l'aide du Recensement de 2006 au Canada. Ces données n'étaient disponibles qu'au niveau des aires de diffusion (AD). Les valeurs des AD ont été affectées à tous les codes postaux compris dans l'AD, puis affectées aux participants de l'ESCC et du STT comptés dans chaque code postal. Les variables démographiques utilisées pour la modélisation prédictive incluaient celles des participants de

Tableau 1. Caractéristiques démographiques des résidents de la zone d'étude et de la zone d'impact des terrains de l'Ouest de la rivière Don (TORD), de la Ville de Toronto, et des participants de l'ESCC et du STT

Variable	Zone d'étude des TORD (niveau du code postal, n=15)*	Zone d'impact des TORD (niveau du code postal, n=350)*	Ville de Toronto†	ESCC (niveau des participants, sauf indication contraire), moyenne (N)	STT (participant moyen du sondage, niveau du code postal, sauf indication contraire), moyenne (N)
Âge médian	45,2	38,4	38,4	46,6 (4 077)	42,4 (22 102)
% de femmes	53,0	48,3	51,9	54,0 (4 077)	56,2 (21 028)
Nb moyen par ménage	2,6	2,6	2,5	2,5 (4 077)	2,7 (22 113)
% de diplômés universitaires	47,8	38,5	37,3	32,3 (3 926)	30,0 (21 828)*
Revenu médian du ménage (\$)	61 078	76 082	52 833	77 049 (3 127)‡	83 988 (21 828)*

* Statistique Canada, valeurs des aires de diffusion du Recensement de 2006 affectées aux centroïdes des participants/code postal.

† Statistique Canada, Profils des communautés du Recensement de 2006.

‡ Revenu des ménages en 2006.

ESCC=Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes; STT=sondage Transport Tomorrow.

Tableau 2. Indicateurs du milieu bâti dans la zone d'étude

Variable	Conditions actuelles	Futur : Plan général des TORD	% chgt des cond. actuelles
Densité résidentielle nette (unités résidentielles par acre résidentiel)	72,4	119,0	64,4 %
Diversité des usages du sol (0-1)	0,5	0,5	0,0 %
Rapports surface de vente/territoire	0,8	1,2	50,0 %
Écoles	12,0	13,0	8,3 %
Établissements d'alimentation	159,0	193,0	21,4 %
Densité des intersections (nombre/km ²)	134,8	152,0	12,8 %
Densité des transports en commun (nombre/km ²)	40,4	42,0	4,0 %
Routes accessibles aux piétons (km)	58,4	62,2	6,5 %
installations pour cyclistes (km)	11,8	18,5	56,8 %

Tableau 3. Valeurs estimatives des résultats pour les zones d'étude et d'impact des terrains de l'Ouest de la rivière Don (TORD)

Résultat	Zone d'étude (15 codes postaux)			Zone d'impact (350 codes postaux)		
	Conditions actuelles (TORD)	Plan (TORD)	% chgt cond. actuelles	Conditions actuelles (TORD)	Plan (TORD)	% chgt cond. actuelles
Trajets actifs/personne par jour	0,23	0,48	108,7 %	0,37	0,42	13,5 %
Trajets en transports en commun/personne/jour	0,60	0,79	31,7 %	0,74	0,77	4,1 %
Trajets en automobile/personne par jour	1,00	0,52	-48,0 %	0,64	0,55	-14,1 %
Kilomètres parcourus/personne par jour	18,17	15,43	-15,1 %	14,58	14,18	-2,7 %
Émissions de CO ₂ véhicules (kg/ménage/jour)	3,38	2,39	-29,3 %	2,34	2,28	-2,6 %
Épisodes de marche de loisir par mois	13,63	14,40	5,7 %	11,80	12,06	2,2 %
Trajets à pied au travail/à l'école par mois	7,79	10,94	40,4 %	10,84	11,54	6,5 %
Épisodes de cyclisme de loisir par mois	1,08	1,53	41,7 %	1,15	1,26	9,6 %
Trajets en vélo au travail/à l'école par mois	0,80	2,71	238,8 %	0,98	1,47	50,0 %
Dépense d'énergie quotidienne (kcal/kg/jour)*	2,28	2,73	19,7 %	2,44	2,51	2,9 %
Indice de masse corporelle	24,31	24,14	-0,7 %	24,03	23,99	-0,2 %
Probabilité d'hypertension artérielle	9,63 %	9,19 %	-4,6 %	5,55 %	5,48 %	-1,3 %

* La dépense d'énergie quotidienne, exprimée en kcal/kg/jour (PACDTLE), a été dérivée par Statistique Canada d'après les réponses des participants à plusieurs questions sur l'activité physique. Elle a été calculée en combinant le temps que chaque participant a consacré aux loisirs (p. ex., marche, cyclisme, sports) et au transport (p. ex., marche/cyclisme pour aller au travail) au cours des trois mois antérieurs. On a calculé le nombre total de calories brûlées durant l'ensemble des activités et on l'a converti en une valeur quotidienne basée sur le poids du participant. Les répondants ont été classés comme suit : 3,0 kcal/kg/jour ou plus =actif; 1,5 à 2,9 kcal/kg/jour=modérément actif; moins de 1,5 kcal/kg/jour=inactive.

Source : Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) : 2008 (Composante annuelle) et 2007-2008, Spécifications des variables dérivées (VD), Fichiers maître et partagé. http://www.statcan.gc.ca/imdb-bmdi/document/3226_D2_T9_V6-fra.pdf

l'ESCC et du STT et les variables fondées sur le Recensement. Ces variables étaient l'âge, le sexe, le revenu du ménage, la taille du ménage, la propriété d'un véhicule, le niveau d'instruction, l'emploi et le pourcentage de populations minoritaires dans l'AD.

Méthodes d'analyse

Les données ont été jointes au niveau du code postal (la plus petite unité géographique commune). Des modèles de régression multivariée ont servi à prédire la valeur de chaque résultat/comportement sanitaire d'après les caractéristiques du milieu bâti et les caractéristiques démographiques/socioéconomiques de chaque participant. Quatre types de modèles de régression ont été utilisés, selon le type et la

ventilation de la variable de résultat : linéaire, log-linéaire, à logique binaire et à deux échelons (enflée en zéro). Dans chaque cas, on a d'abord construit un modèle de base incluant toute variable démographique/socioéconomique significative ($p < 0,05$).

Ensuite, les variables du milieu bâti ont été ajoutées au modèle jusqu'à ce qu'on trouve la combinaison de variables offrant l'adéquation prédictive la plus élevée (R au carré) par rapport au résultat. Le processus de modélisation a été limité par le fait que les formulations des variables résultantes devaient être utilisables par le logiciel de modélisation et applicables à la mise à l'essai de scénarios dans le monde réel. L'objectif final des analyses était donc la modélisation prédictive (et non le test d'hypothèses). En outre, les variables

Figure 2. Dépense d'énergie quotidienne (kcal/kg/jour/personne) – valeurs calculées*

* Valeurs des quartiles : faible=0,57-1,70, moyenne-faible=1,70-1,94, moyenne-élevée=1,94-2,34, élevée=2,34-7,56

du milieu bâti ont été incluses dans certains cas où elles ne présentaient pas une corrélation significative avec le résultat d'intérêt, parce qu'elles amélioraient l'adéquation prédictive du modèle. Comme constaté par le passé, les variables du milieu bâti sont multicollinéaires; elles ont donc été combinées en un indice. Des transformations log ont été utilisées pour les variables dont l'asymétrie était extrêmement positive.

Certaines contraintes pratiques, liées au besoin d'appliquer ces modèles avec un outil logiciel de planification de scénarios, ont limité la sélection des variables indépendantes. Par exemple, toutes les variables de modèles devaient être disponibles pour tous les codes postaux de Toronto dans le scénario de base, et elles devaient être modifiables pour les scénarios futurs. De même, tous les indicateurs requis pour calculer chaque variable devaient être techniquement possibles dans l'outil logiciel et pouvoir être calculés en moins d'une heure (l'outil logiciel étant fait pour être utilisé en temps réel lors d'assemblées publiques). CViz est plus limité à cet égard que d'autres plateformes logicielles qui ont accès à des capacités informatiques externes par l'Internet.

Sélection de la zone d'étude de cas et application des modèles

Les terrains de l'Ouest de la rivière Don (TORD), présentés à la figure 1, ont été sélectionnés pour l'étude de cas de mise à l'essai de l'outil du projet COALITION. Le scénario d'essai est fondé sur le Plan général des TORD pour la remise en valeur de ces terrains industriels riverains sous-utilisés. Ce plan définit l'emplacement, l'échelle, le caractère et la fonction de tous les lieux publics, rues, bâtiments et installations à fournir et à aménager dans la communauté des TORD. Des changements importants sont prévus sur ce site de 80 acres situé à l'est du centre-ville :

- 6 000 à 6 500 unités d'habitation, dont 1 300 logements locatifs abordables
- Divers types d'habitations : des maisons en rangée aux bâtiments de mi-hauteur et aux tours
- 1 million de pieds carrés de locaux à bureaux et de locaux pour commerce de détail
- De nouvelles rues pour améliorer la connectivité
- De nouveaux parcs, dont un parc de 18 acres immédiatement adjacent à la rivière Don
- Une nouvelle ligne de tramways
- Une nouvelle école

Les changements au milieu bâti de la zone d'étude sont censés avoir un impact non seulement sur le comportement des résidents de la zone, mais sur ceux des résidents des alentours. Par exemple, les nouveaux magasins, lieux de travail ou transports en commun construits dans la zone d'étude offriront de nouveaux choix de destinations aux personnes des environs. C'est la raison pour laquelle les modèles ont été appliqués à la fois à la zone d'étude ($n=15$ codes postaux) et à la « zone d'impact », définie comme étant la zone d'étude plus tous les codes postaux dans la zone tampon d'un kilomètre qui recoupe la zone d'étude ($n=350$ codes postaux).

Les caractéristiques démographiques et socioéconomiques pour l'étude de cas ont été dérivées des données des AD du Recensement (2006). Le tableau 1 présente les valeurs moyennes des caractéristiques démographiques au niveau du code postal pour les zones d'étude et d'impact, globalement pour la Ville de Toronto et à l'échelle individuelle pour les participants de l'ESCC et du STT, dont les données ont servi à créer les modèles de régression. Les résidents des codes postaux de la zone d'étude sont plus âgés, plus instruits et ont un revenu supérieur à ceux de la ville dans son ensemble. Les résidents de la zone d'impact ressemblent davantage à ceux de la ville dans son ensemble, à l'exception de la proportion inférieure de femmes et du revenu très supérieur des ménages.

Les modèles de régression définitifs ont ensuite été appliqués au niveau du code postal pour chaque résultat d'intérêt, à la fois pour les conditions de base et pour le scénario d'aménagement futur. Pour en faciliter l'interprétation, les caractéristiques démographiques et socioéconomiques pour chaque code postal ont été laissées constantes d'un scénario à l'autre. Des résultats estimatifs ont été générés à la fois pour la zone d'étude et pour la zone d'impact.

RÉSULTATS

Les résultats des régressions sont résumés ci-après. Les caractéristiques les plus communément associées à un niveau d'activité physique supérieur, à un poids inférieur, à une meilleure santé et à un impact véhiculaire réduit étaient la diversité accrue des usages du sol, la densité des intersections, les rapports surface de vente/territoire, la densité de population résidentielle, la densité des arrêts et des stations de transports en commun et la densité des magasins d'alimentation de détail. Un accès élargi aux parcs et aux pistes était associé à la marche d'exercice, tandis qu'une plus grande surface de trottoirs et un meilleur accès aux installations pour cyclistes étaient associés à des niveaux accrus de marche ou de vélo à des fins de transport. Une meilleure accessibilité régionale était associée à un nombre accru de trajets à pied, en vélo et en transports en commun, à un moindre nombre/une moindre distance des trajets en automobile et à une réduction des émissions de GES.

Le tableau 2 présente les valeurs d'un sous-ensemble de valeurs du milieu bâti utilisées par les modèles de régression et calculées pour les conditions présentes et futures dans la zone d'étude. Ces valeurs sont fondées sur le secteur englobant les codes postaux de la zone tampon. En vertu du Plan pour les TORD, ce secteur devrait se densifier et comporter davantage de destinations; bien que la diversité des utilisations

résidentielles et non résidentielles du sol reste inchangée, le nombre et la densité des nouveaux commerces de détail augmenteront. On s'attend à ce que le réseau de transport s'étende pour les marcheurs, les cyclistes et les usagers des transports en commun.

Le tableau 3 montre les prédictions pour chaque résultat et le taux de changement entre les conditions futures et les conditions de référence. La moitié gauche du tableau présente les résultats pour les personnes vivant uniquement dans la zone d'étude, et la moitié droite du tableau, les résultats pour les personnes vivant dans la zone d'impact. Seuls les résultats pour la zone d'étude sont examinés en détail ci-après. Dans tous les cas, les personnes vivant hors de la zone d'étude ressentent des impacts tout aussi positifs, mais de moindre ampleur, que ceux de la zone d'étude.

Avec la mise en œuvre du Plan général de remise en valeur, on s'attend à un recul considérable des déplacements en automobile au profit des déplacements actifs (marche et vélo) et des trajets en transports en commun. Pour les résidents de la zone d'étude, on s'attend à ce que les déplacements actifs augmentent de plus du double, et les trajets en transports en commun, du tiers. Les trajets en automobile devraient au contraire diminuer de près de la moitié. Parallèlement à la diminution des trajets en automobile, on prédit une baisse de 15 % des kilomètres parcourus en automobile par personne et une baisse de 29 % des émissions de GES liées aux véhicules par ménage.

On prédit que les résidents de la zone d'étude se rendront beaucoup plus souvent au travail ou à l'école à pied ou à vélo après la mise en œuvre du Plan général, avec une hausse de 40 % pour la marche et de 238 % pour le vélo. On prédit des hausses plus faibles de la marche et du cyclisme de loisir, soit de 5,7 % pour la marche et de 42 % pour le cyclisme. Ces hausses des déplacements à pied et à vélo entraîneront une augmentation prévue de 20 % dans la dépense d'énergie quotidienne des résidents de la zone d'étude après la mise en œuvre du Plan général, soit de 2,3 à 2,7 kcal par personne par jour.

Les avantages pour la santé des résidents de la zone d'étude de la transition vers des modes de transport actif et de l'augmentation de l'activité physique pendant les loisirs après la mise en œuvre du Plan général sont démontrés par la baisse prévue de l'IMC et la probabilité réduite d'hypertension artérielle. On prédit que l'IMC moyen diminuera de 0,17 point, et que la prévalence de l'hypertension passera de 9,6 % de la population à 9,2 %.

L'application des résultats du modèle peut aussi servir à créer des cartes thématiques de résultats par code postal pour l'ensemble de la ville. La figure 2 montre les résultats par quartile pour un résultat sélectionné : la dépense d'énergie quotidienne. On voit clairement que la partie centrale et les secteurs à l'ouest et au nord du centre-ville, représentés en jaune, indiquent une activité plus élevée, avec de moindres niveaux d'activité hors de ces secteurs.

DISCUSSION

L'étude rend compte du développement et de l'application d'un outil logiciel fondé sur les données probantes servant à

prédire les effets sanitaires de changements apportés au milieu bâti. L'application de cet outil aux terrains de l'Ouest de la rivière Don a démontré le potentiel de prédire comment des changements proposés au milieu bâti peuvent améliorer la santé humaine en augmentant les niveaux d'activité physique. Il était prédit que la mise en œuvre d'un plan d'aménagement visant à ajouter des habitations, des espaces pour le commerce de détail et des infrastructures de transports améliorées dans les espaces inutilisés des TORD augmenterait les trajets à pied, en vélo et en transports en commun des résidents, particulièrement à des fins utilitaires, mais aussi récréatives. Les augmentations prévues du transport actif et de l'activité physique de loisir ont accru la dépense d'énergie quotidienne totale. Bien que ces résultats ne soient pas conclusifs sur la seule base des données transversales, il est logique que la dépense d'énergie accrue entraîne avec le temps une baisse du poids et une meilleure santé. Les résultats de l'étude de cas sont conformes à ces relations causales, car il est également prédit que les résidents des TORD auront un IMC inférieur et une probabilité réduite de faire de l'hypertension artérielle.

Bien qu'ils n'aient pas été mesurés pour l'étude de cas, on prévoit aussi que les avantages pour la santé réduiront les coûts des soins de santé liés à l'obésité³⁰. En plus d'avantages sur le plan de l'activité physique et de la santé, les résultats montrent aussi qu'il y aurait d'importants avantages connexes sur le plan des transports et de l'environnement, dont une diminution des trajets en automobile, des kilomètres parcourus par les véhicules et des émissions de GES. L'ampleur des changements est relativement faible pour de nombreux résultats, mais le nombre de personnes touchées par le Plan (sans parler des avantages connexes) donne à penser que les changements au milieu bâti méritent d'être envisagés parmi les nombreuses stratégies complémentaires qui peuvent servir à lutter contre la hausse des taux d'obésité et de maladies chroniques.

L'élaboration des modèles de régression et celle de l'étude de cas ont souffert de quelques contraintes. Premièrement, les données utilisées pour construire les modèles de régression étaient transversales. L'application de la modélisation prédictive implique une relation de cause à effet, mais il est important de reconnaître que la causalité ne peut être déterminée à partir de ces données. Deuxièmement, la sélection des variables et les méthodes de modélisation ont été limitées par l'échantillon (ESCC et STT) et par la disponibilité de données populationnelles, ainsi que par les contraintes d'application de l'outil CViz. Ainsi, nous n'avons pas pu apporter d'ajustements pour les variables des modèles définitifs que nous savions être associées à des résultats d'intérêt, comme le régime, les facteurs attitudinaux et la génétique. Troisièmement, les caractéristiques démographiques et socioéconomiques ont été tenues constantes entre les conditions de base et les scénarios futurs. Cette décision a été prise strictement pour faciliter l'interprétation des données. L'un des aspects les plus difficiles de la planification de scénarios est d'arriver à prédire le portrait démographique futur d'un lieu donné. En ne modifiant que les caractéristiques du milieu bâti, nous avons pu isoler l'impact des changements au milieu bâti en les

démêlant de l'impact potentiel des changements dans les caractéristiques des personnes. L'outil logiciel qui en résulte est pleinement capable de modéliser simultanément les changements individuels et les changements au milieu bâti, ce qui est recommandé si on veut l'appliquer à des situations réelles.

Malgré ces contraintes, les modèles de régression et les résultats de l'étude de cas ont été intuitifs et conformes à d'autres constatations publiées. Une plus grande accessibilité locale et un accès amélioré aux infrastructures de marche, de vélo et de transports en commun ont été associés à un niveau accru d'activité liée au transport et d'activité physique totale, ainsi qu'à une réduction du poids et de la tension artérielle³¹⁻³³. Un meilleur accès aux parcs et aux installations de loisir a été associé à un niveau accru d'activité physique durant les loisirs^{15,34}. L'accessibilité locale et l'accessibilité régionale ont été associées à une réduction des kilomètres parcourus en automobile et des émissions de GES^{13,35}.

Le développement d'un outil d'évaluation quantitative de l'impact sur la santé et sa mise à l'essai dans le cadre de projets pilotes à Toronto sont d'importantes contributions au domaine, car ils démontrent l'intérêt d'utiliser des sources de données locales pour générer des prédictions sanitaires fondées sur les données probantes en réponse à des changements du milieu bâti. L'outil a aussi été appliqué avec succès à la croissance rapide de la Ville de Surrey, en Colombie-Britannique, en démontrant les avantages sanitaires considérables du plan de remise en valeur du centre-ville qui a été adopté²⁶. Plutôt que d'être une analyse ponctuelle, cet outil peut être utilisé par la Ville de Toronto pour évaluer systématiquement les propositions d'aménagement et pour éclairer les révisions des plans et le choix des infrastructures à financer en priorité. Mener des analyses systématiques des effets sanitaires contribue à démontrer que la santé est un élément clé à prendre en considération en urbanisme, ce qui accroît la probabilité que les « modes de vie sains » s'implantent plus généralement dans la culture des secteurs public et privé. La capacité de chiffrer les effets sanitaires présente un avantage supplémentaire par rapport aux évaluations non quantitatives : celui d'offrir des indicateurs mesurables et défendables que l'on peut comparer aux propositions ou aux plans concurrents.

RÉFÉRENCES

1. Caballero B., 2007, « The global epidemic of obesity: An overview », *Epidemiol Rev*, 29, 7, p. 1-5.
2. Katzmarzyk PT, 2002, « The Canadian obesity epidemic, 1985-1998 », *CMAJ*, 166, 8, p. 1039-1040.
3. Katzmarzyk PT, Mason C, 2006, « Prevalence of class I, II and III obesity in Canada », *CMAJ*, 174, 2, p. 156-157.
4. Swinburn BA, Sacks G, Hall KD, McPherson K, Finegood DT, Moodie ML, et al., 2011, « The global obesity pandemic: Shaped by global drivers and local environments », *Lancet*, 378, 9793, p. 804-814.
5. Ng SW, Popkin BM, 2012, « Time use and physical activity: A shift away from movement across the globe », *Obes Rev*, 13, 8, p. 659-680.
6. Andersen LB, Schnohr P, Schroll M, Hein HO, 2000, « All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports, and cycling to work », *Arch Intern Med*, 160, 11, p. 1621-1628.
7. Guh DP, Zhang W, Bansback N, Amarsi Z, Birmingham CL, Anis AH, 2009, « The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis », *BMC Public Health*, 9, p. 88.
8. Li Z, Bowerman S, Heber D, 2005, « Health ramifications of the obesity epidemic », *Surg Clin N Am*, 85, 4, p. 681-701.

9. Jia H, Lubetkin EI, 2005, « The impact of obesity on health-related quality-of-life in the general adult US population », *J Public Health*, 27, 2, p. 156-164.
10. Anis AH, Zhang W, Bansback N, Guh DP, Amarsi Z, Birmingham CL, 2010, « Obesity and overweight in Canada: An updated cost-of-illness study », *Obes Rev*, 11, 1, p. 31-40.
11. Swinburn B, Egger G, 2002, « Preventive strategies against weight gain and obesity », *Obes Rev*, 3, 4, p. 289-301.
12. Sallis JF, Floyd MF, Rodríguez DA, Saelens BE, 2012, « Role of built environments in physical activity, obesity, and cardiovascular disease », *Circulation*, 125, 5, p. 729-737.
13. Ewing R, Cervero R, 2010, « Travel and the built environment », *J Am Planning Assoc*, 76, 3, p. 265-294.
14. Kaczynski AT, Henderson KA, 2007, « Environmental correlates of physical activity: A review of evidence about parks and recreation », *Leisure Sci*, 29, 4, p. 315-354.
15. Morland K, Diez Roux AV, Wing S, 2006, « Supermarkets, other food stores, and obesity: The Atherosclerosis Risk in Communities Study », *Am J Prev Med*, 30, 4, p. 333-339.
16. Jerrett M, McConnell R, Chang CCR, Wolch J, Reynolds K, Lurmann F, et al., 2010, « Automobile traffic around the home and attained body mass index: A longitudinal cohort study of children aged 10-18 years », *Prev Med*, 50, suppl 1, p. S50-S58.
17. Fleischhacker SE, Evenson KR, Rodriguez DA, Ammerman AS, 2011, « A systematic review of fast food access studies », *Obesity*, 12, 5, p. e460-471.
18. Raine KD, Muhajarine N, Spence JC, Neary NE, Nykiforuk CIJ, 2012, « Coming to consensus on policy to create supportive built environments and community design », *Rev can santé publique*, 103, 9, suppl. 3, p. S5-8.
19. Glazier RH, Creatore MI, Weyman JT, Fazli G, Matheson FI, Gozdyra P, et al., 2014, « Density, destinations or both? A comparison of measures of walkability in relation to transportation behaviors, obesity and diabetes in Toronto, Canada », *PLoS One*, 9, 1, p. e85295.
20. Poulou T, Elliott SJ, 2010, « Individual and socio-environmental determinants of overweight and obesity in urban Canada », *Health & Place*, 16, 2, p. 389-398.
21. Gilliland JA, Rangel CY, Healy MA, Tucker P, Loebach JE, Hess P, et al., 2012, « Linking childhood obesity to the built environment: A multi-level analysis of home and school neighbourhood factors associated with body mass index », *Rev can santé publique*, 103, suppl. 3, p. S15-21.
22. Dannenberg AL, Bhatia R, Cole BL, Keaton SK, Feldman JD, Rutt CD, 2008, « Use of health impact assessment in the U.S.: 27 case studies, 1999-2007 », *Am J Prev Med*, 34, 3, p. 241-256.
23. Veerman JL, Barendregt JJ, Mackenbach JP, 2005, « Quantitative health impact assessment: Current practice and future directions », *J Epidemiol Community Health*, 59, 5, p. 361-370.
24. Mindell J, Hansell A, Morrison D, Douglas M, Joffe M, 2001, « What do we need for robust, quantitative health impact assessment? », *J Public Health Med*, 23, 3, p. 173-178.
25. Bhatia R, Seto E, 2011, « Quantitative estimation in health impact assessment: Opportunities and challenges », *Environ Impact Assess Rev*, 31, 3, p. 301-309.
26. Urban Design 4 Health, 2012, « A Health-Based Decision Support Tool: Enabling Public Health, Transportation, & Land Use Planners to Assess Key Health Impacts of Urban Design Scenarios ». Préparé pour Santé publique Toronto. Sur Internet : http://www.toronto.ca/health/hphe/pdf/clasp_2012.pdf (consulté le 22 avril 2014).
27. Frank LD, Sallis JF, Saelens BE, Leary L, Cain K, Conway TL, et al., 2010, « The development of a walkability index: Application to the Neighbourhood Quality of Life Study », *Br J Sports Med*, 44, 13, p. 924-933.
28. Frank LD, Sallis J, Conway T, Chapman J, Saelens B, Bachman W, 2006, « Many pathways from land use to health: Associations between neighbourhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality », *J Am Planning Assoc*, 72, 1, p. 75-87.
29. Frank LD, Schmid TL, Sallis JF, Chapman J, Saelens BE, 2005, « Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: Findings from SMARTRAQ », *Am J Prev Med*, 28, 2, suppl. 2, p. 117-125.
30. Thompson D, Brown JB, Nichols GA, Elmer PJ, Oster G, 2001, « Body mass index and future healthcare costs: A retrospective cohort study », *Obes Res*, 9, 3, p. 210-218.
31. Durand CP, Andalib M, Dunton GF, Wolch J, Pentz MA, 2011, « A systematic review of built environment factors related to physical activity and obesity risk: Implications for smart growth urban planning », *Obes Rev*, 12, 5, p. e173-182.
32. Renalds A, Smith TH, Hale PJ, 2010, « A systematic review of built environment and health », *Fam Community Health*, 33, 1, p. 68-78.
33. Li F, Harmer P, Cardinal BJ, Vongjaturapat N, 2009, « Built environment and changes in blood pressure in middle aged and older adults », *Prev Med*, 48, 3, p. 237-241.
34. Starnes HA, Troped PJ, Klenosky DB, Doehring AM, 2011, « Trails and physical activity: A review », *J Phys Act Health*, 8, 8, p. 1160-1174.
35. Lindsey M, Schofer JL, Durango-Cohen P, Gray KA, 2011, « The effect of residential location on vehicle miles of travel, energy consumption and greenhouse gas emissions: Chicago case study », *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16, 1, p. 1-9.