

Université de Montréal

Association entre l'accessibilité géographique aux commerces d'alimentation et le diabète type II chez les adultes québécois : Analyse de la banque de données de santé CARTaGENE

*Par*

Sanjeev Sirpal

Département de médecine sociale et préventive, École de santé publique de l'Université de Montréal (ESPUM)

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de maîtrise en santé publique, option recherche

Novembre 2022

© Sanjeev Sirpal, 2022

Université de Montréal  
Département de médecine sociale et préventive, École de santé publique de l'Université  
de Montréal (ESPUM)

---

*Ce mémoire intitulé*

**Association entre l'accessibilité géographique aux commerces d'alimentation et le  
diabète de type II chez les adultes québécois : analyse de la banque de données de  
santé CARTaGENE**

*Présenté par*  
**Sanjeev Sirpal**

*A été évalué par un jury composé des personnes suivantes*

**Bernard-Simon Leclerc**  
Président-rapporteur

**Éric Robitaille**  
Co-directeur de recherche

**Marie-Claude Paquette**  
Co-directrice de recherche

**Martine Shareck**  
Membre du jury

## Résumé

**Contexte.** La mise en place d'environnements favorables à une saine alimentation est indispensable pour assurer la santé de la population, puisque celle-ci est considérée comme étant un déterminant de la santé. De ce fait, une corrélation existe entre les habitudes alimentaires, le diabète de type II et la santé cardiovasculaire. Durant de nombreuses années, les facteurs prédisposant au diabète étaient considérés essentiellement comme des choix individuels. Un nombre croissant de recherches démontrent présentement un lien entre les facteurs environnementaux, y compris l'accessibilité géographique à des choix alimentaires sains, et le diabète.

**Objectif.** Cette étude vise à évaluer le lien entre l'environnement alimentaire et le risque de diabète de type II pour les résidents adultes de 6 régions métropolitaines du Québec.

**Méthodes.** Un devis quantitatif comprenant des analyses transversales est utilisé. L'unité d'analyse est l'individu. Un corpus dérivé de la banque de données CARTaGENE est exploité. Pour répondre à l'objectif, un sous-échantillon composé de 8405 adultes habitant les six grandes régions métropolitaines du Québec de la cohorte CARTAGENE est utilisé. Les participants de cet échantillon ont été interrogés sur des sujets liés à leur santé et habitudes de vie. L'exposition aux commerces d'alimentation a été opérationnalisée à partir de zones tampons de 1000 mètres autour des adresses résidentielles et par des calculs de densité et de distance en utilisant les réseaux routiers. Cinq indicateurs de densité ont été calculés : densité des épiceries et des supermarchés, densité des dépanneurs, densité des restaurants-minute, nombre des dépanneurs, et ratio de restaurants-minute et dépanneurs aux supermarchés et épiceries. Trois mesures de proximité ont été calculées : distance au plus proche supermarché ou épicerie, distance au plus proche dépanneur, et distance au plus proche restaurant-minute. Des analyses de régression logistique ont été effectuées pour évaluer les associations entre ces indicateurs et le diabète de type II autodéclaré, en tenant compte des facteurs de confusion potentiels.

**Résultats.** Nos résultats montrent l'absence de relations statistiquement significatives entre la proximité des points de vente d'aliments, les dépanneurs les plus proches et les détaillants de restauration rapide les plus proches (premiers quartiles dans chaque catégorie), et le statut individuel de diabète de type II. En revanche, l'indice de défavorisation matérielle d'un quartier était positivement et significativement associé au risque de diabète de type II. De plus, le fait de résider dans un « désert alimentaire » était le seul indicateur de l'accès géographique qui était statistiquement et significativement associé positivement au risque de diabète de type II, à la fois dans les modèles univariés (RC = 1,42 ; IC à 95 % : 1,05, 1,90) et multivariés (RC = 1,56 ; IC à 95 % : 1,12, 2,18).

**Conclusion.** Nos résultats n'ont montré aucune relation significative entre le statut individuel de diabète de type II et la plupart des facteurs de l'environnement alimentaire. La littérature existante a montré une association significative des indicateurs socio-économiques individuels et d'un quartier avec le risque de maladie cardiométabolique, une relation que nous avons également observée dans notre étude, en ce qui concerne le type individuel de risque de diabète de type II. En outre, le fait de résider dans un « désert alimentaire » augmentait considérablement le risque individuel de diabète de type II. Nos résultats suggèrent que les mesures de santé publique pour freiner le diabète de type II devraient simultanément aborder les facteurs de risque individuels ainsi que les aspects pertinents de l'environnement alimentaire et les indicateurs socioéconomiques du quartier.

**Mots-clés :** Environnement alimentaire ; GIS ; densité ; proximité ; fruits et légumes ; alimentation ; diabète ; adultes canadiens.

## Abstract

**Context.** Recent studies have explored the link between the accessibility to healthy food choices and population health. Specifically, there is a demonstrated association between nutritional habits and cardiovascular/metabolic disease, especially type II diabetes. Inasmuch as a significant corpus of knowledge has focused on individual factors and diabetes risk, emerging studies demonstrate that the food environment, including geographic accessibility to whole and healthy foods, potentially has an impact on individual and population type II diabetes risk. This study draws on data from CARTaGENE, a large cross-sectional province-wide study with 43,000 participants.

**Objective.** This study aims to evaluate the association between the food environment and type II diabetes risk among adult residents across 6 metropolitan regions of Quebec.

**Methods.** A quantitative research design is employed, whereby cross-sectional analyses are performed. The unit of analysis is the individual. A subsample of 8405 adults living in the six major metropolitan areas of Quebec of the CARTAGENE cohort was used. Participants in this sample answered questionnaires related to their health and lifestyle habits. Exposures to food environments were operationalized using 1000-meter buffer zones around residential addresses and by distance calculations using road networks. Five density indicators were calculated: density of grocery stores and supermarkets, density of convenience stores, density of fast-food restaurants, numbers of convenience stores, and ratio of fast-food restaurants and convenience stores to supermarkets and grocery stores. Three proximity measures were calculated: distance to the nearest supermarket or grocery store, distance to the nearest convenience store and distance to the nearest fast-food restaurants. Logistic regression analyses were performed to assess associations between these indicators and self-reported type II diabetes, considering potential confounders.

**Results.** Our results showed an absence of statistically significant relationships between proximity to food outlets, closest convenient stores, and closest fast-food restaurants (first quartiles in each category), and individual type II diabetes status. In contrast, the material deprivation index of a neighborhood was positively and significantly associated with type II diabetes risk. Furthermore, residing in a “food desert” was the only indicator of geographical access that was statistically significantly positively associated with type II diabetes risk, in both univariate (OR = 1,42 ; 95 % CI : 1,05, 1,90) and multivariate (OR = 1,56 ; 95 % CI : 1,12, 2,18) models.

**Conclusion.** Our results showed no significant relationship between individual type II diabetes status and most food environment factors. Existent literature has shown significant association of individual and neighborhood socioeconomic indicators with cardiometabolic disease risk, a relationship we also observed in our study, insofar as individual type II diabetes risk is concerned. Furthermore, residing in a ‘food desert’ significantly increased individual type II diabetes risk. Our results suggest that public health measures to curb type II diabetes should concomitantly address individual risk factors as well pertinent aspects of the food environment, along with neighborhood socioeconomic indicators.

**Keywords:** Food environment; Diabetes; GIS ; Density; Proximity ; Fruit and vegetable; Diet ; Canadian adults.



# Table des matières

<b>Résumé .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>5</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>8</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>11</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>12</b>
<b>Liste des sigles et abréviations .....</b>	<b>13</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>15</b>
<b>Chapitre 1 – Introduction.....</b>	<b>16</b>
<b>Chapitre 2 - Recension de la littérature .....</b>	<b>19</b>
Conceptualisation de l’environnement alimentaire.....	19
L’environnement alimentaire de la communauté.....	21
L’accès.....	22
Associations entre l’environnement alimentaire communautaire et la santé cardiométabolique.....	24
Le diabète de type II et son développement.....	26
Associations entre l'environnement alimentaire et le diabète de type II .....	28
Déficit de connaissances .....	40



Objectif.....	42
<b>Chapitre 3 – Méthodologie .....</b>	<b>43</b>
Devis de recherche.....	43
Population à l'étude.....	43
Collecte de Données .....	43
Variable dépendante.....	45
Variables indépendantes.....	45
Variables de contrôle .....	49
Analyse des données.....	50
<b>Chapitre 4 – Résultats .....</b>	<b>54</b>
The role of individual patient factors and food environment on diabetes type II risk – evidence from a large cross-sectional study in Quebec.....	54
Abstract.....	54
1. Introduction .....	57
2. Materials and Methods .....	61
2.1. Research design.....	61
2.2 Study population .....	61
2.3 Variables.....	62
2.4 Analysis.....	66
3. Results .....	68
3.1. Descriptive analyses .....	68

3.2. Univariate and Multivariate Models .....	72
4. Discussion.....	86
4.1 Characteristics of the Study Population .....	86
4.2 Food environment variables and type II diabetes risk .....	87
4.3 Significance of findings.....	88
4.4 Limits and strengths .....	91
5. Conclusions .....	94
<b>Chapitre 5 - Discussion.....</b>	<b>96</b>
Caractéristiques de la population étudiée .....	96
Variables de l'environnement alimentaire et risque de diabète de type II.....	97
Signification des résultats .....	98
Limites et points forts .....	102
<b>Chapitre 6 - Conclusion .....</b>	<b>105</b>
<b>Références.....</b>	<b>107</b>
<b>Annexe 1 : Stratégie de recension .....</b>	<b>120</b>
<b>Annexe 2 : Organigramme de Sélection d'Articles .....</b>	<b>125</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des articles publiés étudiant les liens entre l'environnement alimentaire et le diabète .....	38
Table 1 : Characteristics of the participants assessed in the primary analysis.....	68
Table 2 : Odds ratios representing probability of Type II Diabetes status, by participant characteristics, as calculated with logistic regression (n= 8405).....	73
Table 3 : Odds ratios representing probability of Type II Diabetes status, by participant characteristics and food desert habitation, as calculated with logistic regression (n= 8405). .....	83

## Liste des figures

Figure 1: Cadre conceptuel de l'environnement alimentaire - les sous-composantes et dimensionnalités de l'environnement alimentaire. ....	21
Figure 2: Cadre conceptuel : Le lien entre l'environnement alimentaire, les variables individuelles et sociales, ainsi que le diabète de type II.....	28

## Liste des sigles et abréviations

APHEO	Association of public health epidemiologists in Ontario
ASPC	Agence de santé publique du Canada (PHAC)
CDC	Centers for disease control and prevention
DA	Dissemination area (aire de diffusion)
DB	Dissemination block (îlot de diffusion)
DALYs	Disability adjusted life years
FIPA	Fichier d'inscription des personnes assurées
FVC	Fruit and vegetable consumption
FVI	Fruit and vegetable intake
IMC	Indice de masse corporelle
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
mRFEI	Modified retail food environment index
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
OMS	Organisation mondiale de la santé
RAMQ	Régie de l'assurance maladie du Québec
RFEI	Retail Food Environment Index
SSE	Statut socio-économique
UK	United Kingdom
WHO	World Health Organization



## **Remerciements**

Merci à Éric Robitaille et Marie-Claude Paquette pour leur supervision. Merci également à Marianne Dubé et Vana Ké de l'INSPQ de m'avoir outillé pour certains aspects de ce projet. Merci à l'équipe SAMVA-MES de m'avoir accueilli. Merci à la communauté de l'ESPUM pour ces merveilleuses années de maîtrise. Merci aux membres du jury pour leur révision. Merci à ma mère de m'avoir supporté, particulièrement durant ces temps difficiles de pandémie COVID-19.

## Chapitre 1 – Introduction

Les saines habitudes alimentaires sont liées à la santé individuelle et sont donc considérées comme un déterminant important de la santé (Institute for Health and Evaluation, 2016). Cependant, l'alimentation n'est pas exclusivement tributaire des choix individuels. Elle découle plutôt de l'interaction des facteurs individuels et environnementaux ou contextuels tels que la commercialisation des aliments, la publicité alimentaire et le prix des aliments. Ces facteurs, y compris les politiques publiques, peuvent influencer la sélection alimentaire en facilitant ou non des choix alimentaires sains (Clary et al., 2016 ; Raine, 2005).

Le rôle du milieu de vie géographique en tant que déterminant de la santé suscite un intérêt croissant (De Menezes et al., 2018). L'environnement alimentaire a été présenté comme un déterminant important de la santé individuelle ainsi qu'une cible putative pour les interventions communautaires visant à améliorer la santé de la population (Beaulac et al., 2009 ; De Menezes et al., 2018 ; Walker et al., 2010). Le lien entre les maladies cardiovasculaires au-delà des habitudes alimentaires individuelles et l'importance de la prise en compte de facteurs contextuels plus larges de l'environnement alimentaire a récemment fait l'objet d'une attention accrue dans la littérature (Anand et al., 2015 ; Calling et al., 2016 ; Mozaffarian, 2016 ; Roux, 2016 ; Unger et al., 2014). Cependant, plusieurs auteurs ont souligné la nécessité de mieux élucider les mécanismes par lesquels les facteurs de l'environnement alimentaire influencent le développement



des maladies cardiovasculaires. De plus, il y a des associations qui sont moins bien définies, ce qui justifie la poursuite des études sur le sujet.

Il y a de plus en plus de preuves suggérant une association entre l'environnement alimentaire local et le diabète de type II. La présente étude explore les liens entre l'environnement alimentaire et le diabète de type II, à l'échelle individuelle, dans le contexte québécois. Pour y parvenir, les données CARTaGENE sont exploitées. L'étude CARTaGENE représente une cohorte de 43 000 participants âgés de 40 et 69 ans, provenant des six régions métropolitaines du Québec (Montréal, Québec, Sherbrooke, Saguenay, Trois-Rivières et Gatineau) réalisées par une équipe de recherche du CHU Sainte-Justine et spécialement conçues pour faciliter l'émergence de nouveaux projets de recherche et de nouvelles connaissances en santé. CARTaGENE se compose d'une biobanque et d'une base de données sur la santé (CARTaGENE, 2016).

Ce mémoire propose d'abord une revue de la littérature (chapitre deux) portant sur les associations entre l'environnement alimentaire d'un quartier donné et la santé cardiométabolique de ses citoyens, avec un accent particulier sur le diabète de type II. On y présente aussi une conceptualisation de l'environnement alimentaire ainsi que les lacunes actuelles dans la littérature scientifique sur le sujet dont découlent les objectifs spécifiques de la présente recherche.

Le chapitre suivant, le chapitre trois, décrit la méthodologie utilisée dans ce mémoire – la conception de l'étude, les caractéristiques de la base de données CARTaGENE utilisée dans les analyses, les variables pertinentes examinées et les aspects saillants liés à la collecte et à l'analyse des données. Le chapitre quatre présente les

résultats des analyses sous forme d'un article scientifique examinant le rôle des facteurs individuels et de l'environnement alimentaire sur le risque de diabète de type II, basé sur une analyse transversale de la base de données CARTaGENE. Enfin, le chapitre cinq traitera des résultats, en mettant l'accent sur les forces et les limites de l'étude. Le chapitre six se termine par les conclusions de l'étude et les perspectives pour de futures recherches.

## Chapitre 2 - Recension de la littérature

Cette recension vise à documenter les liens entre l'environnement alimentaire et les maladies cardiométaboliques, surtout le diabète de type II. La revue de la littérature a été réalisée avec l'aide d'une bibliothécaire de l'INSPQ. La stratégie de recherche complète est incluse en annexe. En bref, les termes de recherches pour l'environnement alimentaire, le comportement alimentaire, et le diabète de type II ont été utilisés dans plusieurs bases de données (Ebsco, Medline, Pubmed).

### Conceptualisation de l'environnement alimentaire

Les fondements sur lesquels repose notre revue de la littérature proviennent du modèle conceptuel de Glanz et al. (2005) sur l'environnement alimentaire. À la base, le modèle postule que les habitudes alimentaires des individus sont le résultat d'une interaction complexe de politiques publiques, de caractéristiques environnementales, ainsi que de déterminants individuels. D'un point de vue écologique, le modèle comble donc les écarts entre les comportements alimentaires et différents « environnements », à savoir : l'environnement alimentaire communautaire (*community nutrition environment*), l'environnement alimentaire organisationnel (*organisational nutrition environment*) et l'environnement alimentaire du consommateur (*consumer nutrition environment*). Ces environnements sont, à leur tour, influencés par un quatrième environnement, 'l'environnement informationnel socioculturel' lié à la publicité et aux médias (Figure 1).

Comme mentionné précédemment, Glanz et coll. (2005) ont conceptualisé l'environnement alimentaire en une structure tripartite de sous-composantes :

- 1) *l'environnement alimentaire communautaire* : l'accent est mis sur le lieu, l'emplacement, le nombre et l'accessibilité géographique d'aliments sains et nutritifs ;
- 2) *L'environnement alimentaire du consommateur* : ici, l'accent est mis sur la myriade de facteurs commerciaux qui peuvent influencer les choix alimentaires, par exemple, prix, étiquetage, commercialisation et image de marque des produits ; et
- 3) *l'environnement alimentaire organisationnel* : ici, l'accent est mis sur les microcosmes d'environnements qui peuvent avoir un impact sur les choix alimentaires ultimes, par exemple, les environnements résidentiels et les environnements alimentaires autour des écoles et des lieux de travail.

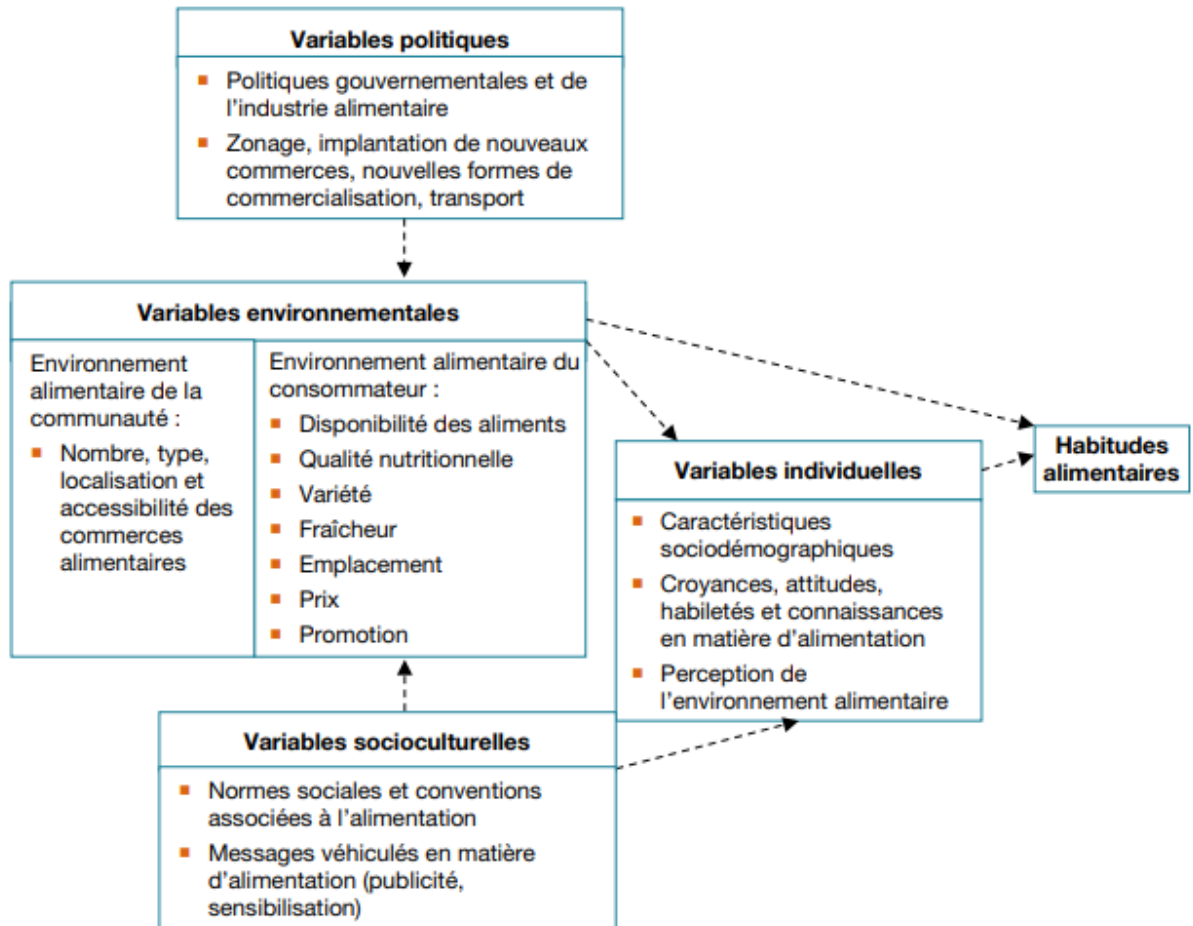


Figure 1 : Cadre conceptuel de l'environnement alimentaire - les sous-composantes et dimensionnalités de l'environnement alimentaire. Adapté de Glanz et collab. (2005) Dans [https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2591intervention\\_accessibilite\\_commerces\\_alimentation\\_impact.pdf](https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2591intervention_accessibilite_commerces_alimentation_impact.pdf), p.8

### L'environnement alimentaire de la communauté

L'environnement alimentaire de la communauté ou selon Glanz, 'l'environnement alimentaire communautaire' comprend les commerces offrant des produits alimentaires pour la vente au détail (dépanneurs, épicerie et supermarchés), les restaurants (avec service aux tables ou service rapide) ainsi que d'autres formes de distribution alimentaire (p. ex., achats en ligne) (Glanz et collab., 2005 ; Glanz, 2009 ; Cummins et Macintyre,

2006 ; figure 1). L'accès est une notion clé dès qu'il est question de l'environnement alimentaire communautaire.

### **L'accès**

L'accès est multidimensionnel, et sa conceptualisation nécessite donc un examen de ses sous-composantes, dont la disponibilité et l'accessibilité spatiale ou géographique (p. ex., mesurée via la proximité à un commerce à partir du lieu de résidence). Premièrement, l'accessibilité et la disponibilité sont deux concepts distincts. Spécifiquement, la disponibilité concerne la simple présence ou absence d'un type de commerce dans un périmètre donné, par exemple la présence d'établissements commerciaux alimentaires pour l'achat de fruits et de légumes. L'accessibilité, d'autre part, a une dimensionnalité plus intrinsèquement géographique, ici, la localisation de l'approvisionnement alimentaire et la facilité à atteindre spatiotemporellement cet endroit sont primordiales. Par conséquent, le temps et l'espace sont des facteurs clés de l'accessibilité. Par conséquent, il est important de distinguer la répartition géographique des ressources alimentaires au sein d'un écosystème réellement rencontrées dans une communauté donnée.

Par ailleurs, des chercheurs ont travaillé sur les dimensions de l'accès dans l'environnement alimentaire (Charreire et al., 2010 ; McKinnon et al., 2009). Plus précisément, Charreire et al. (2010) ont énoncé qu'une adaptation des cinq dimensions de l'accès dans le contexte des soins de santé telles que décrites par Penchansky et Thomas (1981) peut être appliquée au contexte de l'environnement alimentaire. Outre l'accessibilité géographique, les autres dimensions de l'accès sont la disponibilité des

services, l'organisation du service, l'abordabilité et l'acceptabilité du service. L'abordabilité ne relève pas uniquement de la perception de la valeur par un individu, mais concerne aussi l'(in)adéquation entre les moyens financiers d'une personne et le coût des aliments auxquels elle a accès d'après les quatre autres dimensions de l'accès. L'acceptabilité concerne l'appréciation subjective ou culturelle de l'environnement alimentaire local par les consommateurs individuels. Enfin, l'organisation fait référence à l'adéquation des sources alimentaires locales pour répondre aux besoins de la demande alimentaire résidentielle (Caspi et al., 2016 ; McInerney et al., 2016 ; Menezes et al., 2017 ; Stevenson et al., 2019).

Bien que la notion d'accès soit très large et qu'elle englobe tant l'accessibilité économique que l'accessibilité symbolique (accessibilité sociale) aux diverses ressources, dans la présente recension des écrits, il sera question d'interventions visant *l'accessibilité géographique*. L'accessibilité géographique d'une ressource est déterminée en fonction de sa distance et du temps de transport pour s'y rendre. Bien entendu, une ressource doit préalablement être disponible sur un territoire pour être accessible (Penchansky et Thomas, 1981 ; Pineault et Daveluy, 1995).

L'accessibilité géographique dans l'environnement alimentaire a souvent été opérationnalisée en fonction de la distance pour atteindre un commerce alimentaire donné à partir de la résidence. Plusieurs études ont démontré que le statut socio-économique du milieu de vie a un impact significatif sur la disponibilité et l'accessibilité géographique aux aliments sains (Drewnowski et al., 2013 ; McInerney et al., 2016 ; Richardson et al., 2014).

Les disparités sociales dans l'accès à une alimentation saine peuvent à leur tour avoir un impact sur les choix alimentaires et, par conséquent, sur l'état de santé tel que le diabète ou l'obésité (Andrews et al., 2018 ; Black et al., 2014 ; Wrigley, 2002 ; Zenk et al., 2005). La notion d'accès limité à des choix alimentaires sains dans les communautés défavorisées, par rapport à leurs homologues plus aisés, a conduit à la terminologie de « déserts alimentaires » (Blanchard et Matthews, 2007 ; Morton et Blanchard, 2007). Bien que plusieurs définitions existent, une des définitions communes (et utilisée par Hager, 2017) combine les notions d'accès à des aliments sains limité et de défavorisation au niveau du quartier (Dunn, 2011 ; Fleischhacker et al., 2011 ; Gordon-Larsen, 2014). La définition de l'INSPQ (2013) inclut également ces deux dimensions : « désert alimentaire est un secteur qui procure un faible accès à des commerces pouvant favoriser une saine alimentation et qui est défavorisé sur le plan socio-économique ». (Robitaille et Bergeron, 2013).

### **Associations entre l'environnement alimentaire communautaire et la santé cardiométabolique.**

Le lien entre les caractéristiques de l'environnement alimentaire et les facteurs de risques cardiovasculaires (CV) a fait l'objet d'un intérêt de recherche important. Les résultats d'études transversales ont démontré une association entre les caractéristiques de l'environnement alimentaire et les facteurs de risque CV. Par exemple, Kelli et al. (2017) ont montré que le fait de résider dans un désert alimentaire était associé à la présence de facteurs de risques CV dans une population de patients sans maladie CV. Les



résultats d'analyses d'études transversales ont également établi un lien entre l'environnement alimentaire et la présence de facteurs de risque CV, tels que l'obésité, le diabète et l'hypertension (Auchincloss et al., 2009 ; Dubowitz et al., 2012 ; Dubowitz et al., 2015 ; Gibson, 2011 ; Morland et Evenson, 2009 ; Suarez et al., 2015). En outre, résider dans un désert alimentaire était associé à une mauvaise alimentation et à des taux d'obésité plus élevés. À l'inverse, le fait de résider à proximité des épiceries était lié à une consommation plus élevée des fruits et des légumes et des taux d'obésité moindres (Larson et al., 2009 ; Morland et al., 2002 ; Morland et al., 2006 ; Rundle et al., 2009).

Cependant, malgré ces résultats, il existe une lacune dans la littérature concernant la voie mécaniste par laquelle les facteurs de l'environnement alimentaire entraînent des résultats CV indésirables. Par ailleurs, il est plus difficile de développer des interventions au niveau communautaire pour aborder à cet important déterminant de la santé sans mieux comprendre ce lien.

Certaines études suggèrent qu'une évaluation de l'aspect accessibilité d'un environnement alimentaire nécessite une évaluation de l'effet composite de l'accès à des sources d'aliments sains et moins sains. Par exemple, le « Healthy Food Funding Initiative » suscite l'ouverture d'épiceries dans les communautés où les choix alimentaires sont limités (Dubowitz et al., 2015). Il est intéressant de noter que les études d'évaluation *a posteriori* de telles expériences ont démontré que même si l'accès perçu aux aliments sains, aux fruits et aux légumes s'améliore après l'ouverture des épiceries dans de tels contextes, les mesures objectives de santé (comme l'IMC et les mesures de la qualité de l'alimentation) ne s'améliorent pas (Cummins et al., 2014 ; Dubowitz et al., 2015 ; Elbel et

al., 2015). Ces résultats suggèrent que les impacts positifs associés à la mise en œuvre d'options alimentaires saines dans une communauté pourraient être neutralisés par l'accessibilité continue à des options alimentaires malsaines.

### **Le diabète de type II et son développement**

Il existe une association de longue date entre le diabète de type II et les facteurs alimentaires. Chatterjee et al. (2017) ont présenté le corpus existant de littérature sur le diabète – un problème de fardeau de santé publique important. Dans le monde, environ 415 millions de personnes vivent avec le diabète et on estime que près de 200 millions de personnes ne sont pas encore diagnostiquées. Il est prévu que d'ici 2045, 629 millions de personnes recevront un diagnostic de diabète dans le monde (Forouhi et al., 2018). Le diabète de type II représente plus de 90 % de patients diabétiques. Les complications microvasculaires et macrovasculaires du diabète causent un fardeau de santé personnel important pour les patients et les soignants. De plus, le traitement du diabète et de ses complications a un impact significatif sur le système de soins de santé public. Malgré les programmes existants de prévention et de traitement du diabète, son incidence et sa prévalence continuent d'augmenter à l'échelle mondiale.

Malgré une association relativement claire entre l'alimentation et le diabète dans la littérature, il persiste une controverse et une confusion importante sur le sujet. En effet, dans leur article, Forouhi et al. ont examiné la littérature au sujet des directives nutritionnelles pour le diabète de type 2 ainsi que l'influence des facteurs de risque spécifiques de la population sur le développement du diabète de type II. Ils ont conclu

que plusieurs domaines d'incertitude et de controverse subsistent et d'autres recherches sont nécessaires pour les résoudre. Bien que l'adhésion aux conseils nutritionnels soit un défi important, la gestion du poids est toujours une pierre angulaire dans la gestion du diabète, complétée par de nouveaux développements, y compris le potentiel de rémission du diabète de type 2 par l'alimentation.

L'étude *Global Burden of Disease* réalisée dans 188 pays a démontré que l'alimentation est un contributeur important à la morbidité et à la mortalité dans le monde entier. Le lien inextricable entre la nutrition dans la gestion et la prévention du diabète de type II par l'intermédiaire de son impact sur la santé métabolique a été clairement établi dans la littérature. En dépit de ce consensus, l'aspect nutritionnel de la gestion du diabète de type II a été l'un des aspects les plus controversés et les plus difficiles dans la gestion de la maladie. Malgré la mise en œuvre de la thérapie de nutrition médicale en tant qu'approche fondée sur des données probantes pour la gestion du diabète et une démonstration de son efficacité, il existe des obstacles importants à la mise en œuvre de telles approches. Les barrières au niveau du patient, du praticien / clinicien, et les barrières socioculturelles mènent à la variabilité significative dans l'utilisation de la modification nutritionnelle dans la gestion du diabète de type 2, en dépit de notre connaissance de son association forte de la maladie. La littérature existante a montré que l'augmentation de l'apport en légumes et fruits est positivement associée à une meilleure gestion du diabète, mais la facilité de mise en œuvre de telles mesures et son coût prohibitif dans certains contextes entraînent une plus grande variabilité dans sa mise en œuvre (Wallace et al., 2020). Comme démontré dans la figure 2, les *facteurs*

*environnementaux* tels que l'environnement alimentaire et le statut socioéconomique d'un quartier ainsi que les *facteurs individuels* tels que les facteurs héréditaires, les aspects démographiques individuels, et les habitudes alimentaires ont une influence sur le développement du diabète de type II.

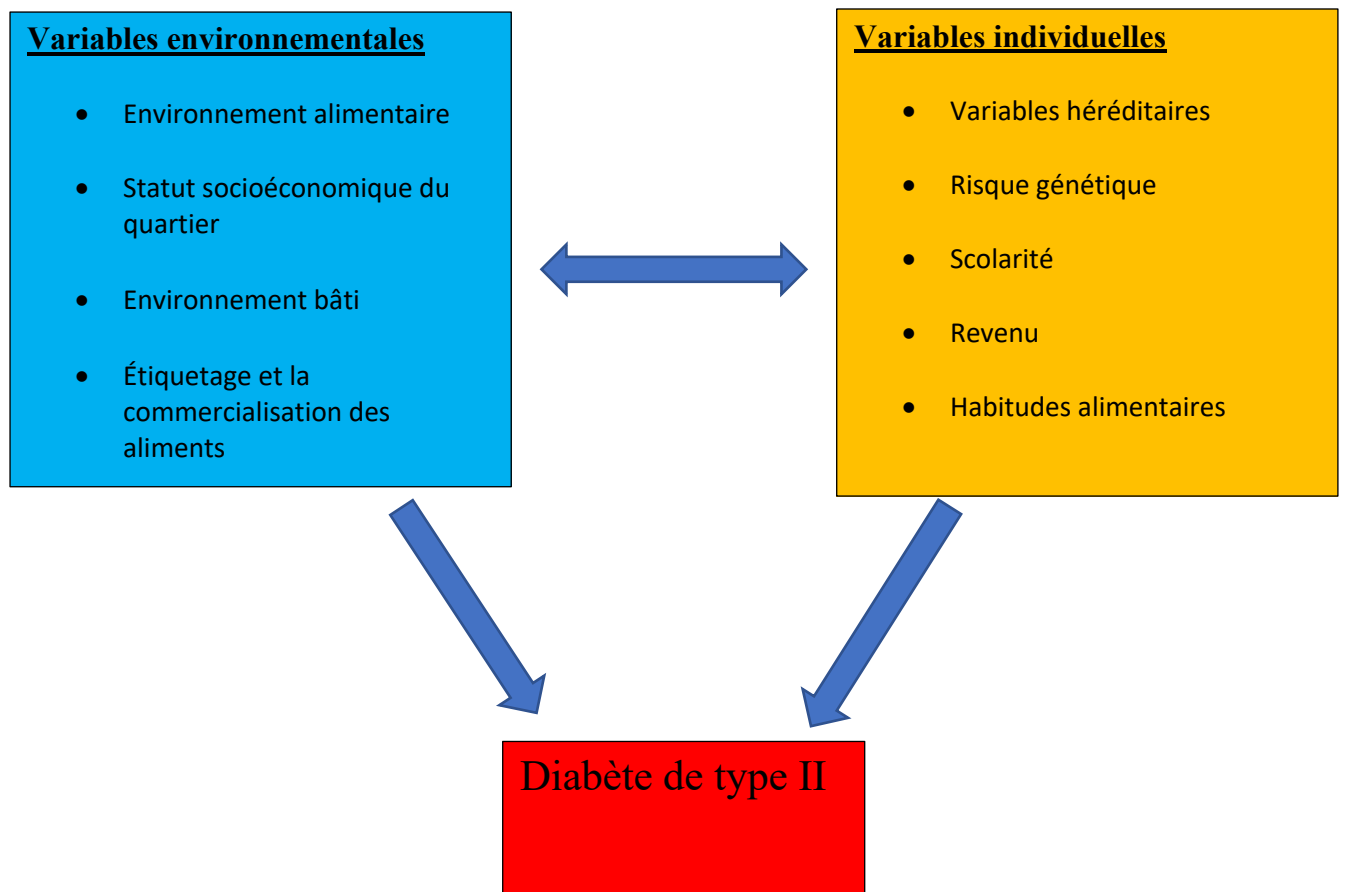


Figure 2 : Cadre conceptuel : Le lien entre l'environnement alimentaire, les variables individuelles et sociales, ainsi que le diabète de type II.

### **Associations entre l'environnement alimentaire et le diabète de type II**

Il y a un intérêt croissant en recherche pour la relation entre les caractéristiques dynamiques des quartiers, c'est-à-dire le statut socioéconomique (SSE) et les

environnements alimentaires, et les conditions liées à l'obésité et au diabète (Cummins, 2007). Des études antérieures, en particulier aux États-Unis, se sont concentrées sur la nature statique de l'environnement bâti des communautés et leur lien avec les maladies chroniques (Dubowitz et al., 2012 ; Auchincloss et al., 2009 ; Mujahid et al., 2008). Mezuk et al. (2016) démontrent que la relation entre le SSE d'un quartier et les caractéristiques de l'environnement bâti est modifiable ; autrement dit, il n'est pas inévitable que les zones urbaines pauvres soient caractérisées soit par des déserts alimentaires, soit par des concentrations élevées de points de vente de produits alimentaires de moindres qualités pour la santé (marais alimentaires) (Macdonald et al., 2007). Le corollaire à cette constatation est que les aspects favorables à la santé de l'environnement bâti, tels que les points d'activité physique et les espaces verts, peuvent contrecarrer l'influence potentiellement négative des aspects nocifs pour la santé de l'environnement alimentaire (Kawakami et al., 2011).

Mezuk et al. (2015) ont aussi étudié le lien entre l'accès à des sources d'aliments malsains et le diabète. Les auteurs ont eu recours au registre national suédois incluant 4 718 583 adultes résidants dans plus de 9 5353 secteurs résidentiels différents. Le statut diabétique des participants s'est appuyé sur les données concernant la prescription d'insuline ou d'autres analogues de ce médicament en utilisant le 'Swedish Prescribed Drug Register'. En utilisant une régression logistique, les chercheurs ont analysé le lien entre les aspects de l'environnement alimentaire et le diabète entre les années 2005 et 2010. Chaque quartier résidentiel a été géocodé et lié à des sources d'aliments commerciaux. Ces chercheurs ont démontré une corrélation entre l'accès relatif aux

points de vente d'aliments malsains (calculé comme étant le nombre de commerces avec des aliments malsains sur le nombre de commerces totaux dans un rayon de 1000 m) et l'incidence et la prévalence du diabète. La probabilité d'être atteint du diabète était la plus élevée dans les secteurs où le tiers des points de vente nuisent à la santé. Par rapport aux individus dont l'environnement alimentaire n'a pas changé, ceux qui ont déménagé dans des zones où les magasins d'alimentation sont considérés comme plus nocifs pour la santé (dépanneurs, restaurant-minute, bars, et pubs) avaient des probabilités plus élevées de développer le diabète (OR = 3,67, IC à 95 % : 2,14, 6,30). Parmi ceux qui n'ont pas déménagé, le fait d'habiter dans une région où les aliments malsains sont plus accessibles était également associé à une probabilité plus élevée du diabète (OR = 1,72, IC à 95 % : 1,27, 2,33). Ces résultats suggèrent que l'environnement alimentaire local, y compris les changements dynamiques dans un tel environnement entraînant un accès plus facile à des choix alimentaires malsains, était associé au diabète.

Par ailleurs, l'étude de Mezuk et al. (2015) présente certaines faiblesses. Premièrement, alors que l'accès à la nourriture était tenu dans un registre, il n'y avait pas de mesure directe de l'utilisation des sources d'alimentation, c'est-à-dire la fréquence d'utilisation de divers types de points de vente. Les épiceries ont été classées dans la catégorie des ressources favorisant la santé. Cependant, ces points de vente offrent également la possibilité d'achats importants d'aliments riches en calories et pauvres en nutriments, et l'accès à un supermarché ne se traduit donc pas nécessairement par une alimentation saine (Macintyre, 2007). De plus, les données sur la prévalence du diabète étaient liées aux dossiers des pharmacies. Par conséquent, les patients non traités ou les

patients prenant en charge leur diabète avec seulement une modification des habitudes de vie n'auraient pas été captés par cette source de données. D'autres variables de confusion importantes, comme l'éthnicité et l'activité physique, n'ont pas été incluses dans l'analyse. Malgré ses limites, Mezuk et al. (2015) avaient également plusieurs points forts, notamment un examen de plusieurs indicateurs d'accès à la nourriture, un devis prospectif, un large échantillon et une stratégie analytique qui étudiait la relation entre les changements dans l'environnement alimentaire et le risque de diabète tout en tenant compte de l'autosélection résidentielle, c'est -à-dire les participants de l'étude qui ont choisi de rester dans le même quartier plutôt que de déménager.

Bodicoat et al. (2014) ont étudié le lien entre le nombre de commerces de restauration rapide dans le quartier d'origine d'un individu et la prévalence du diabète ainsi que des facteurs de risque connexes, y compris l'obésité. Au total, 10 461 participants (âge moyen de 59 ans ; 53 % d'hommes ; 21 % d'ethnie non blanche) ont participé à trois études de dépistage du diabète au Royaume-Uni (une étude de la population générale, deux études des populations à haut risque) menées de 2004 et 2011. Les résultats montrent qu'il y avait un plus grand nombre de commerces de restauration rapide dans un quartier donné (rayon de 500 m du code postal du domicile) avec une prédominance des groupes ethniques non blancs ( $p < 0,001$ ) et dans les zones socialement défavorisées ( $p < 0,001$ ). Après ajustement (milieu urbain / rural, ethnicité, âge, sexe), un plus grand nombre de détaillants de restauration rapide dans un quartier était associé à une augmentation du risque de diabète (OR = 1,02 ; IC à 95 % 1,00, 1,04) et d'obésité (OR = 1,02 ; IC à 95 % 1,00, 1,03). Ces résultats suggèrent qu'une exposition accrue aux

établissements de restauration rapide est faiblement associée à un risque plus grand de diabète de type II et d'obésité, ce qui pourrait avoir des implications de politique publique pour la prévention du diabète.

Cette étude a plusieurs limites. Premièrement, il n'est pas possible de déduire un effet causal entre les variables de l'environnement alimentaire et le statut diabétique. De plus, le nombre de points de restauration rapide a été mesuré en 2014, tandis que d'autres variables ont été mesurées plus tôt, et seul un échantillon de points de restauration rapide a été inclus dans ces analyses, en raison de contraintes de temps et de coûts. Les associations démontrées sont donc susceptibles d'être atténuées et la relation entre les établissements de restauration rapide et les résultats liés au diabète pourrait en fait être plus forte que celle observée. Malgré ses faiblesses, l'étude présente plusieurs atouts. Tout d'abord, un échantillon de grande taille a été étudié à partir d'une population multiethnique. Deuxièmement, les résultats se sont avérés raisonnablement robustes dans les analyses de sensibilité et, grâce aux données détaillées collectées, les auteurs ont pu examiner les modérateurs potentiels des relations identifiées.

Polsky et coll. (2006) ont également abordé la question de l'association entre l'accessibilité aux restaurants-minute et le risque de développement du diabète en Ontario, Canada, et si ce risque varie en fonction de la densité de restaurants-minute. Dans leur étude, la cohorte était composée de répondants adultes (20 à 84 ans) à l'Enquête sur la santé dans les collectivités canadiennes (cycles 2005, 2007-2008, 2009-2010) qui résidaient à distance de marche (720 m) d'au moins un restaurant à Toronto, Brampton, Mississauga ou Hamilton, en Ontario. Le développement du diabète a été



établi en reliant les participants à la base de données sur le diabète de l'Ontario. Des modèles proportionnels de risques de Cox ont été employés pour estimer des rapports de risque (HRs) du diabète incident lié aux mesures relatives et absolues de disponibilité de restaurant. Les auteurs ont constaté qu'au cours d'un suivi médian de 5 ans, 347 des 7079 participants (4,6 %) ont développé le diabète. Chez les jeunes adultes (20-65 ans, n = 5806), une plus grande proportion de détaillants de restauration rapide par rapport à tous les restaurants était significativement associée à l'incidence du diabète après ajustement pour une gamme de covariables individuelles et régionales, mais seulement dans les zones où le volume de détaillants de restauration rapide est élevé (3 points de vente et plus) (HR = 1,79, IC à 95 % : 1,03-3,12, dans l'ensemble de la fourchette interquartile). L'ajustement de l'IMC a rendu cette association non significative. Aucune association significative n'a été observée dans les zones à faible volume de restaurants-minute ou chez les adultes plus âgés (65-84 ans, n = 1 273). La disponibilité absolue (nombre) de restauration rapide et d'autres restaurants n'était généralement pas liée au diabète incident.

Les auteurs ont donc conclu que la double charge d'un volume élevé de restauration minute dans un quartier donné et peu d'alternatives de restauration peut représenter un environnement défavorable pour le développement du diabète.

L'étude de Frankenfeld et al. (2015) visait à identifier les sous-types d'établissements alimentaires et à évaluer la prévalence du diabète, de l'obésité et de la consommation recommandée de fruits et de légumes par rapport à ces sous-types dans la région métropolitaine de Washington DC. Ici, les auteurs ont calculé, pour chaque

quartier, un indice de l'environnement de la vente au détail, le rapport entre le nombre de sources d'options alimentaires malsaines (restaurants rapides, dépanneurs et pharmacies) par rapport aux options alimentaires plus saines (épiceries et magasins d'alimentation spécialisée). Deux seuils de cet indice sont utilisés :  $\leq 1,0$  (davantage options plus saines) et  $> 1,0$  (davantage d'options malsaines). Le regroupement k-means (une fonction de 'clustering' dans le logiciel d'analyse statistique STATA) a été utilisé pour identifier les grappes en fonction des proportions d'épiceries, de restaurants, d'aliments spécialisés, de restauration rapide, de dépanneurs et de pharmacies. Les auteurs ont démontré qu'il existe des sous-types dans des catégories plus larges d'environnements alimentaires qui sont associés différemment à des effets néfastes sur la santé, y compris le diabète. Les trois sous-types d'environnements alimentaires sains étaient : 1) la bouffe « spécialité » ; 2) les épiceries ; et 3) les restaurants. Les aliments malsains ont été regroupés dans les sous-types : 1) les dépanneurs ; et 2) les restaurants- minutes. Dans l'ensemble, les résultats de cette étude suggèrent que l'environnement alimentaire immédiat est significativement associé à la prévalence du diabète, de l'obésité et de la consommation de plus de cinq fruits ou légumes dans la région métropolitaine de Washington DC.

Les conclusions de cette étude doivent être interprétées à la lumière de ses limites. Premièrement, l'étude était transversale et par conséquent, la causalité et la direction de l'association ne peuvent pas être établies. Deuxièmement, une limitation de l'analyse de cette étude provient de la discordance temporelle entre les données BRFSS (qui portent sur les comportements alimentaires des individus) et les données des

établissements alimentaires. Troisièmement, bien que les variables démographiques et socio-économiques aient été contrôlées dans l'analyse, des facteurs de confusion résiduels et de confusion par des caractéristiques non mesurées sont possibles. Par exemple, les caractéristiques non mesurées pourraient inclure si certains groupes de population qui se regroupent géographiquement ont des croyances particulières concernant certains aliments ou types d'aliments. Par conséquent, l'étude n'aborde pas les mécanismes étiologiques par lesquels l'environnement alimentaire affecte la santé. Des études qui peuvent utiliser des données de santé géocodées au niveau individuel sont nécessaires pour répondre aux questions sur les mécanismes étiologiques. Enfin, l'étude examine la proximité de l'environnement alimentaire, mais n'évalue pas l'utilisation d'un environnement alimentaire donné.

Lamicchane et al. (2012) ont cherché à évaluer les associations d'accessibilité et de disponibilité des supermarchés et des établissements de restauration rapide avec l'apport alimentaire chez les jeunes diabétiques. Ici, les auteurs ont obtenu le lieu de résidence et l'apport alimentaire des sujets à partir de l'étude *SEARCH for Diabetes in Youth*. Les données sur les commerces d'alimentation obtenues du Département de la santé et du contrôle environnemental de Caroline du Sud et InfoUSA ont été fusionnées en fonction des noms et adresses des points de vente. Les données complètes ont ensuite été utilisées pour construire des mesures d'accessibilité et de disponibilité pour chaque participant.

Les auteurs ont démontré qu'aucune association significative n'a été observée entre la distance au supermarché le plus proche et le score z de l'IMC et le tour de taille.

Chaque supermarché supplémentaire dans une zone tampon de réseau de 2 milles a été associé à un score z de l'IMC significativement plus faible (différence estimée : -0,054, IC à 95 % : -0,100, -0,008) même après ajustement pour les covariables individuelles et la densité de la population. De même, chaque supermarché supplémentaire dans une zone tampon de 2 milles était également associé à un tour de taille inférieur ; cependant, l'association n'a pas atteint la signification statistique.

Comparativement au quartile ayant le nombre le plus élevé de supermarchés par mille carré (densité des supermarchés), les deux derniers quartiles avec un nombre plus faible de supermarchés par mille carré ont été associés à un score z de l'IMC significativement plus élevé (Quartile 1 : différence estimée : 0,321, IC à 95 % : 0,089, 0,553 ; Quartile 2 : différence estimée : 0,281, IC à 95 % : 0,059, 0,502) même après ajustement pour tenir compte des covariables individuelles et de la densité de la population. De même, comparativement au quartile ayant la densité la plus élevée de supermarchés, les deux derniers quartiles avec une densité plus faible de supermarchés ont également été associés à un tour de taille significativement plus élevé (Quartile 1 : différence estimée : 3,520, IC à 95 % : 0,992, 6,048 ; Quartile 2 : différence estimée : 3,753, IC à 95 % : 1,281, 6,226) même après ajustement pour tenir compte des covariables individuelles et de la densité de la population.

Les auteurs concluent que les efforts visant à promouvoir des environnements propices à une alimentation saine peuvent améliorer l'apport alimentaire global et favoriser une consommation accrue de fruits, de légumes et de produits laitiers faibles en

gras. Cette constatation peut être le résultat de la disponibilité d'une variété d'aliments sains dans les chaînes de supermarchés par rapport à d'autres magasins d'alimentation.

En revanche, il y a des faiblesses considérables de cette étude à prendre en compte. Premièrement, les adresses utilisées dans l'étude sont les adresses de contact et peuvent ne pas représenter le lieu de résidence. Une autre préoccupation est que les données sur l'environnement alimentaire bâti ont été collectées plusieurs années après la collecte des données au niveau individuel. Il est probable que certains changements dans l'environnement alimentaire (fermeture ou ouverture de points de vente) se soient produits au cours de la période d'étude ; cependant, ces changements se produiraient très probablement indépendamment de l'apport alimentaire de la population étudiée.

Les résultats de cette étude suggèrent que l'environnement alimentaire bâti peut être un facteur contextuel clé qui influence l'apport alimentaire chez les jeunes diabétiques. Ces données ont des implications potentielles pour les interventions de santé publique. Les efforts visant à promouvoir des environnements propices à des choix alimentaires sains peuvent offrir de meilleures opportunités pour une alimentation saine et, par conséquent, réduire les complications de santé liées à l'alimentation chez les jeunes diabétiques.

Sarkar et al. (2018) ont étudié le lien entre l'environnement alimentaire et le statut de diabète de type II en ayant recours à des données transversales au Royaume-Uni (plus que 340 000 participants). Les auteurs ont conclu que la densité des commerces avec des aliments malsains (dépanneurs, restaurants-minute, et les aliments pré-préparés) était positivement associée au statut diabétique des participants à l'étude, et ce, même en

contrôlant des variables confondantes. La force de cette étude est attribuable à sa grande taille d'échantillon ainsi qu'à un groupe d'étude représentatif dans 21 grandes villes du Royaume-Uni. Les auteurs ont trouvé que ce lien existait même en contrôlant des variables sociodémographiques d'un quartier.

Il y a plusieurs limitations de Sarkar (2018) à considérer. Premièrement, la causalité est difficile à établir compte tenu du plan d'étude transversal. De plus, l'autosélection des quartiers par les participants à l'étude, c.-à-d. l'effet écologique du côté de la demande, peut avoir eu une incidence sur les résultats. D'autre part, les détaillants en alimentation peuvent avoir pris des mesures pour s'établir dans des zones de forte demande, c'est-à-dire des effets écologiques du côté de l'offre. Une autre limite de l'étude est que les données spatiales secondaires sont utilisées et que, par conséquent, l'incomplétude des données et l'inadéquation temporelle peuvent avoir une incidence sur les mesures de l'environnement alimentaire. La classification erronée de l'exposition potentielle dans l'ensemble de données spatiales peut également avoir été une source de biais.

**Tableau 1 :** Tableau récapitulatif des articles publiés étudiant les liens entre l'environnement alimentaire et le diabète

<b>Étude</b>	<b>Année de publication</b>	<b>Association étudiée</b>	<b>Pays</b>	<b>Échantillon</b>	<b>Conclusion</b>
Bodicoat et al.	2014	Nombre de commerces de restauration rapide dans le quartier d'origine d'un individu et la	Royaume-Uni	10 461 adultes	Une exposition accrue aux établissements de restauration rapide est associée à un risque plus grand de diabète de type II et

		prévalence du diabète			d'obésité ( <i>prévalence</i> )
Frankenfeld et al.	2015	Prévalence des sous-types d'établissements alimentaires et le diabète	É-U (Washington DC)	13 326 détaillants alimentaires	L'environnement alimentaire immédiat est significativement associé à la <i>prévalence</i> du diabète, de l'obésité et de la consommation de plus de cinq fruits ou légumes dans la région métropolitaine de DC.
Lamicchane et al.	2012	Accessibilité aux supermarchés et restauration rapide versus l'apport alimentaire chez les jeunes diabétiques	É-U (Caroline du Sud)	359 jeunes diabétiques (10 – 18 ans)	L'environnement alimentaire bâti peut être un facteur contextuel clé qui influence l'apport alimentaire chez les jeunes diabétiques ( <i>incidence</i> )
Mezuk et al.	2015	Accès à des sources d'aliments malsains et le diabète.	Suède	4 718 583 adultes résidants dans plus de 9 5353 secteurs résidentiels différents	L'environnement alimentaire local était associé au diabète ( <i>prévalence</i> )
Mezuk et al.	2016	SSE et environnement alimentaire	Suède	4 718 583 adultes résidants dans plus de 9 5353 secteurs résidentiels différents	L'environnement alimentaire local, y compris les changements qui entraînent un meilleur accès aux points de vente d'aliments malsains, est associé au DT2. ( <i>prévalence</i> )

Sarkar et al.	2018	Environnement alimentaire versus statut de diabète	Royaume-Uni	340 000 adultes	La densité de source d'approvisionnement des aliments malsains (dépanneurs, restaurants minutes, et les aliments pré-préparés) était positivement associée avec le statut diabétique ( <i>prévalence</i> )
---------------	------	--	-------------	-----------------	--

### Déficit de connaissances

Alors qu'une attention particulière du lien entre l'environnement alimentaire communautaire, l'accès géographique, et les facteurs de risque CV a été accordée dans la littérature, il existe encore des lacunes importantes dans la base de connaissances. Plus précisément, une revue de la littérature suggère un lien modéré entre l'accès géographique dans l'environnement alimentaire et l'obésité, mais il existe peu d'évidence pour d'autres facteurs de risque CV (Cobb et al., 2015 ; Engler-Stringer et al., 2014 ; Gamba et al., 2015). D'autres chercheurs ont noté que l'accès à des dépanneurs ou des chaînes de restauration rapide sur le plan nutritionnel est un meilleur prédicteur des résultats pour la santé dans le contexte canadien (Minaker et al., 2016).

Notre revue de la littérature révèle donc plusieurs lacunes dans notre base de connaissances concernant les subtilités de la relation entre l'environnement alimentaire et les résultats pour la santé. Il n'y a pas de définition uniformément acceptée des déserts alimentaires et des marais alimentaires dans la littérature. Par exemple, alors que certains chercheurs ont opérationnalisé les marais alimentaires en tant que secteurs



socioéconomiquement défavorisés regorgeant d'options nutritionnelles malsaines, d'autres n'ont pas pris en compte l'aspect socio-économique et/ou démographique des quartiers dans leur définition du concept (Hager et al., 2017 ; Santé Canada, 2014). De plus, la notion d'accès reste mal définie dans la littérature. Certains chercheurs ont utilisé une mesure de la densité (c'est-à-dire le nombre de points de vente commerciaux dans un secteur de recensement donné) tandis que d'autres ont un accès opérationnalisé en termes de proximité, c'est-à-dire la distance entre un domicile et un point de vente commercial. Une revue de la littérature canadienne a montré que la plupart des études utilisaient des mesures basées sur la densité (30 sur 33 études publiées), tandis que huit études utilisaient également des mesures de proximité (Minaker et al., 2016).

Aucune étude québécoise sur le lien entre l'environnement alimentaire et la prévalence du diabète n'a été recensée. Au Québec, le deuxième axe d'intervention du Programme national de santé publique (PNSP) porte sur l'adoption de modes de vie et la création d'environnements sains et sécuritaires et la mesure 3.1 de la Politique gouvernementale de prévention en santé (PGPS) a comme objectif de favoriser l'accès géographique et économique à une saine alimentation, particulièrement dans les communautés défavorisées ou isolées géographiquement. Les services proposés visent à modifier les environnements physiques, de façon qu'ils soient propices à la santé physique, mentale et psychosociale rendant les choix favorables à la santé plus facile et plus accessibles (MSSS, 2015 ; MSSS, 2017). Afin de préciser quelles modifications apporter aux environnements, des analyses doivent être menées pour documenter les liens entre l'environnement alimentaire, les comportements alimentaires, et la santé.

Cette étude vise à combler cette lacune à l'aide d'une base de données à l'échelle du Québec.

### **Objectif**

L'objectif de la présente étude est d'analyser l'association entre les caractéristiques de l'environnement alimentaire communautaire et la prévalence du diabète de type II dans la banque de données CARTaGENE. Plus spécifiquement, cette étude évalue l'association entre différentes mesures d'exposition à l'environnement alimentaire communautaire (proximité et densité aux commerces d'alimentation) sur le diagnostic d'un diabète de type II autodéclaré, tout en contrôlant des variables liées aux habitudes alimentaires et aux caractéristiques socio-économiques d'individus issus de la cohorte CARTaGENE.

## **Chapitre 3 – Méthodologie**

### **Devis de recherche**

Pour répondre à l'objectif de recherche, nous proposons une méthodologie quantitative utilisant un échantillon transversal de données à l'échelle individuelle et des données sur l'environnement alimentaire communautaire mesurées à proximité du lieu de résidence des participants. Pour répondre à l'objectif du projet, nous avons exploité deux séries de données. Les données individuelles sur l'autodéclaration d'un diagnostic de diabète de type II, les comportements alimentaires et les caractéristiques socio-économiques des individus proviennent de la base de données CARTaGENE. Les caractéristiques de l'environnement alimentaire, quant à elles, sont opérationnalisées à partir de données issues d'un répertoire de commerces d'alimentation du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ).

### **Population à l'étude**

Notre projet utilise la base de données CARTaGENE qui représente une cohorte de participants provenant des différentes régions métropolitaines du Québec (Montréal, Québec, Sherbrooke, Saguenay, Trois-Rivières et Gatineau). CARTaGENE est un projet réalisé par une équipe de recherche du CHU Sainte-Justine et spécialement conçu pour faciliter l'émergence de nouveaux projets de recherche et de nouvelles connaissances en santé. CARTaGENE se compose d'une biobanque et d'une base de données sur la santé (CARTaGENE, 2016).

### **Collecte de Données**

Les données utilisées dans cette étude sont issues de l'étude de recherche CARTaGENE (CARTaGENE, 2016). La population de recherche se compose d'environ 43 000 participants âgés de 40 à 69 ans, résidant dans 6 grandes régions du Québec : Montréal, Québec, Sherbrooke, Saguenay, Trois-Rivières et Gatineau. Cette cohorte a été utilisée dans de nombreux autres projets de recherche (Awadalla et al., 2013 ; Goupil et al., 2016 ; Hystad et al., 2019). Selon le recrutement CARTaGENE, les participants ont été initialement sélectionnés au hasard dans la base de données de la Régie de l'assurance maladie du Québec (RAMQ). Les personnes résidant au Québec et bénéficiant de l'assurance maladie provinciale sont ainsi incluses dans la base de données RAMQ. Les sujets ayant accepté de participer à l'étude ont ensuite été contactés par téléphone. Les sujets de l'étude ont répondu à des questions liées à la santé personnelle, aux habitudes alimentaires et aux adresses des lieux de travail et de domicile ont également été collectés.

Pour nos analyses, nous utilisons un sous-échantillon de cette cohorte. Les participants de cet échantillon ont été recrutés durant la première phase du projet (Phase A : 2009-2010, n= 20 004). Ils devaient avoir rempli le questionnaire des trajectoires résidentielles afin de nous permettre d'identifier leur lieu de résidence (n = 12 189) et ils devaient aussi avoir rempli le questionnaire sur les comportements alimentaires (n = 8405).

Étant donné que les données sur l'environnement alimentaire datent de 2013, le sous-ensemble de la phase B (2013-2014) des répondants CARTaGENE est utilisé pour assurer la cohérence temporelle.

## **Variable dépendante**

La variable dépendante de cette étude se réfère à la mesure du statut de diabète de type II autodéclaré. Spécifiquement, les questions posées dans le questionnaire étaient les suivantes :

*Has a doctor ever told you that you had diabetes?*

*Is (or was) it gestational diabetes only, type 1 or type 2 diabetes?*

Aux fins de notre étude, le statut de diabète de type 2 autodéclaré a été utilisé.

## **Variables indépendantes**

Les variables indépendantes réfèrent à la consommation des fruits et légumes ainsi qu'aux variables de l'environnement alimentaire et à différentes mesures de l'accès aux sources alimentaires. La consommation de fruit et de légumes (FVI) était basée sur la réponse à deux questions du questionnaire CARTaGENE, qui questionnaient sur le nombre de portions de légumes et de fruits consommés respectivement par jour, sans compter la consommation de jus de fruits ou de légumes. Une portion a été définie comme une demi-tasse. Dans cette étude, l'apport en fruits et légumes a été opérationnalisé comme la somme des deux réponses à ces questions pour un participant donné, c'est-à-dire le nombre total de portions de fruits et légumes consommés par jour. La mesure a été analysée catégoriquement, c'est-à-dire que les participants qui consommaient plus de cinq portions par jour de fruits et de légumes (dépassant ainsi la recommandation de l'OMS sur la consommation quotidienne minimale de fruits et légumes) ont été codés comme « 1 » et les participants qui ont consommé moins de cinq portions de fruits et légumes ont été codés comme « 0 ».

En ce qui concerne les variables d'accessibilité, la proximité géographique (en km) des supermarchés, des épiceries, des dépanneurs et des établissements de restauration rapide, en fonction de l'adresse du ménage du répondant sont les variables indépendantes. Les données sur l'accès géographique aux points de vente d'aliments proviennent d'une base de données du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Au Québec, tous les points de vente d'aliments, y compris les restaurants, sont tenus d'obtenir un permis de vente d'aliments du MAPAQ (MAPAQ, 2011). En vertu de cette obligation d'enregistrement et de permis, l'adresse du commerçant ainsi que le nom et la catégorie d'entreprise sont recueillis et utilisés pour décrire l'environnement alimentaire d'une zone géographique donnée. Les données du MAPAQ de 2013 sont utilisées, ce qui correspond à la collecte de données de CARTaGENE (Robitaille et Bergeron, 2013). Les entreprises de ce répertoire ont été catégorisées par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et géocodées par le service « Adresses Québec ». L'extraction des données de la base de données du MAPAQ a déjà été décrite en détail dans la littérature (Lalonde et Robitaille, 2014 ; Robitaille et Paquette, 2020).

Comme il a été mentionné précédemment, les points de vente d'aliments d'intérêt étudiés dans le cadre de ce projet comprenaient : les points de vente au détail d'aliments, y compris les supermarchés, les épiceries et les marchés de producteurs, les restaurants-minute et les dépanneurs. L'opérationnalisation de chacun de ces types de points de vente d'aliments a déjà été décrite dans la littérature (Lalonde et Robitaille, 2014). Alors que les établissements de restauration rapide sont généralement clairement

définis, les dépanneurs appartiennent souvent à plusieurs catégories de permis différentes dans la base de données du MAPAQ, de sorte qu'une combinaison de recherche automatisée et manuelle a été effectuée.

Les indicateurs de l'environnement alimentaire qui ont été utilisés comme variables indépendantes étaient fondés sur la recommandation de l'Association of Public Health Epidemiologists in Ontario (APHEO) du groupe d'élaboration des indicateurs de base. Ces mesures comprenaient la **proximité**, la **densité absolue**, et la **densité relative** des points de vente d'aliments par rapport à l'adresse des participants à l'étude. Les données du « *geographic information system* » (GIS) ont permis de calculer les mesures de densité relative et absolue pour chacun des trois types de points de vente d'aliments (points de vente au détail, établissements de restauration rapide et de dépanneurs). Selon les données du recensement canadien, une aire de diffusion (DA) est une zone composée d'un ou de plusieurs îlots de diffusion (DB) voisinant, avec une population de 400 à 700 personnes (Statistique Canada, 2018). Tout le Canada est divisé en aires de diffusion. La proximité alors représente la distance moyenne pondérée en fonction de la population entre le centre de chaque îlot de diffusion (DB) et le magasin d'aliments le plus proche d'une catégorie donnée pour chaque DB dans l'aire de diffusion (DA) où vit le participant. La proximité des points de vente d'aliments, la densité des points de vente d'aliments et les mesures de la densité relative, également connues sous le nom d'Indice de l'environnement alimentaire au détail (RFEI), ont été donc calculées de la manière décrite dans la littérature pour chaque aire de diffusion (Carlos et coll., 2010 ; Greer et al., 2014).

Plus précisément, la formule utilisée pour calculer la **proximité** était la suivante :

Proximité

$$= \sum_{\text{Tous les DBs dans un DA}} \frac{(\text{DB population}) \times (\text{distance (m) du 'centroïde DB' au point de vente alimentaire le plus proche d'une catégorie donnée})}{(\text{Population totale de la DA})}$$

La mesure de la **densité absolue** représente le nombre moyen pondéré en fonction de la population de points de vente d'aliments d'une catégorie donnée à moins de 1000 m des centroïdes DB dans le DA d'un participant. Il a été calculé comme suit :

La densité des points de vente

$$= \sum_{\text{Tous les DB dans un DA}} \frac{(\text{DB population}) \times (\# \text{ de points de vente d'alimentation d'une catégorie donnée à moins de 1000 m du centroïde DB})}{(\text{Population totale de la DA})}$$

où les 1000 m ont été mesurés comme une distance du réseau routier plutôt que comme une ligne droite ou une distance euclidienne.

Le **RFEI** est défini comme le rapport entre les points de vente d'aliments «malsains» et les points de vente d'aliments «sains» à moins d'un kilomètre des centroïdes DB d'un participant DA et sert donc d'indicateur de l'obésogénicité dans une zone donnée (Spence et al., 2009). Selon Spence, le RFEI a été calculé comme suit :

$$RFEI = \frac{\# \text{ détaillants alimentaires moins sains (\#dépanneurs + \#restaurants rapides) à moins de 1000 m du centroïde DB}}{\# \text{ de détaillants d'aliments sains (\#épiceries + supermarchés) à moins de 1 000 m du centroïde DB}}$$

où les dépanneurs et les établissements de restauration rapide étaient considérés comme «malsains» et les magasins d'alimentation au détail étaient considérés comme «sains». Conformément aux recherches précédentes (Spence et al., 2009 et Babey et al., 2008), le



RFEI a été classé comme suit : inférieur à 3,0; 3,0 à 4,9; et 5,0 et supérieur. Un RFEI plus élevé reflète un environnement alimentaire plus obésogène. Une distance d'un 1 km a été utilisée pour tous les indicateurs, conformément aux recommandations de l'APHEO (Mahendra et al., 2017). Cette distance, qui représente à peu près une marche de 15 minutes, a été jugée appropriée pour nos ménages principalement urbains (Mahendra et al., 2017).

Nous avons ensuite créé une variable supplémentaire pour étudier l'impact présumé de résider dans un **désert alimentaire** sur le risque de diabète. Nonobstant la définition donnée précédemment pour l'indicateur de désert alimentaire, dans notre étude, le désert alimentaire a été considéré comme des secteurs où il n'y a **aucun** supermarché ou épicerie dans une zone de 1000 mètres autour du lieu de résidence.

L'adresse de résidence autodéclarée des participants en 2011 a été utilisée indirectement (via l'aire de diffusion correspondante) pour calculer les indicateurs environnementaux. Chaque mesure de l'environnement a été analysée comme une variable catégorielle où les catégories correspondent aux quartiles des 8 405 valeurs des participants. Cela a été fait pour ressembler à des quartiles qui auraient été créés pour tous les résidents du Québec, comme ce fut le cas pour la densité de population et l'indice de défavorisation.

### **Variables de contrôle**

Les variables de contrôle / confondantes qui étaient étudiées et utilisées dans les analyses ultérieures comprennent :

- l'âge (variable continue)

- le sexe (binaire)
- Le revenu du ménage (catégorielle)
- le niveau d'éducation (catégorielle)
- le statut matrimonial (catégorielle)
- le niveau d'activité physique (catégorielle)
- la densité de population de la région habitée (continue) et la ville habitée (catégorielle).

### **Analyse des données**

Les caractéristiques de base de la population ont été analysées à l'aide de statistiques univariées et bivariées. Plus précisément, les caractéristiques de la population étudiée, leur relation avec les variables de l'environnement alimentaire et les comportements alimentaires sains, c'est-à-dire la consommation de fruits et légumes étaient étudiées.

Par la suite, divers modèles de régression logistique étaient développés et étudiés pour explorer le lien entre l'accès géographique à des sources alimentaires saines, la consommation de fruits et de légumes et le diabète (après contrôle des variables confondantes). Plus précisément, chaque variable d'accès géographique était corrélée aux variables dépendantes. Des modèles de régression logistique multivariée secondaires ont évalué l'impact de l'ensemble des variables d'accès géographique sur les habitudes alimentaires et le risque diabétique.

Nous avons construit *a priori* neuf modèles de régression logistique pour obtenir le rapport des cotes et l'IC à 95 % des associations entre l'exposition à l'environnement alimentaire et la présence de diabète (oui ou non).

- 1) Modèle A : Db de type II \* (variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenu/éducation)
- 2) Modèle B : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenu/éducation) + indice de défavorisation (quintmat)]
- 3) Modèle C : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenu/éducation) + indice de défavorisation (quintmat)] + distance jusqu'à l'épicerie la plus proche (distcom)]
- 4) Modèle D : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenus/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + densité des points de vente d'aliments (denscom)]
- 5) Modèle E : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/consommation de VQ/revenus/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + distance jusqu'au dépanneur le plus proche (distdep)]
- 6) Modèle F : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenu/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + densité des dépanneurs (densdep)]

- 7) Modèle G : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenu/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + distance jusqu'au point de restauration rapide le plus proche (distrm)]
- 8) Modèle H : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenu/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + densité des établissements de restauration rapide (densrm)]
- 9) Modèle I : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenus/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + indice de l'environnement alimentaire au détail (RFEI)]

Nous nous sommes ajustés pour tenir compte des facteurs de confusion possibles progressivement à partir du modèle complètement non ajusté (brut) (modèle 0). Le modèle A a été ajusté pour tenir compte des variables individuelles : âge, sexe, IMC, FVI, revenu et niveau de scolarité. Le modèle B a ajouté l'indice de défavorisation matérielle du quartier au modèle A. Le modèle C ajoutait la distance à l'épicerie la plus proche au modèle B. Le modèle D a ajouté la densité de quartier des points de vente d'aliments au modèle B. Le modèle E a ajouté la distance au dépanneur le plus proche, au modèle B. Le modèle F a ajouté la densité des dépanneurs au modèle B. Le modèle G a ajouté de la distance aux points de restauration rapide les plus proches au modèle B. Le modèle H a ajouté la densité des points de vente de restauration rapide au modèle B. Le modèle I a ajouté l'indice de l'environnement alimentaire au modèle B.

Nous avons ensuite créé des modèles de régression logistique univariés et multivariés pour étudier le rôle de l'appartenance à un désert alimentaire sur le risque de

diabète, avec et sans l'ajout des variables individuelles. Par conséquent, les deux modèles supplémentaires étudiés étaient :

10) Modèle J : Db de type II \* *désert alimentaire*

11) Modèle K : Db de type II \* [(Variables individuelles : âge/sexe/IMC/FV consommation/revenus/éducation) + indice de défavorisation (quintmat) + *désert alimentaire*]

Nous avons entré tous les indicateurs de l'exposition des aliments en tant que variables catégoriques en définissant leurs catégories soit en fonction des quartiles, soit en entrant 1 et 0 pour la présence et l'absence de points de vente de restauration rapide. Nous avons utilisé comme catégorie de base la catégorie avec le nombre le plus bas pour toutes les zones tampons (100 m, 400 m, 1000 m et 1500 m). Toutes les variables de contrôle ont été spécifiées comme variables catégorielles sauf l'âge, qui a été entré comme une variable continue. Les analyses statistiques ont été effectuées dans la version 27 du SPSS.

## Chapitre 4 – Résultats

L'article suivant a été rédigé pour publication dans une revue révisée par les pairs. En date de soumission de ce mémoire, le manuscrit était en préparation et le choix de la revue restait à confirmer.

### **The role of individual patient factors and food environment on diabetes type II risk – evidence from a large cross-sectional study in Quebec.**

Sanjeev Sirpal, MSc (cand.), Éric Robitaille, Ph.D., and Marie-Claude Paquette, Dt.P., Ph.D.

#### **Abstract**

**Context.** Recent studies have explored the link between the accessibility to healthy food choices and population health. Specifically, there is a demonstrated association between nutritional habits and cardiovascular/metabolic disease, especially type II diabetes. Inasmuch as a significant corpus of knowledge has focused on individual factors and diabetes risk, emerging studies demonstrate that the food environment, including geographic accessibility to whole and healthy foods, potentially has an impact on individual and population type II diabetes risk. This study draws on data from CARTaGENE, a large cross-sectional province-wide study with 43,000 participants.

**Objective.** This study aims to evaluate the association between the food environment and type II diabetes risk for adult residents across 6 metropolitan regions of Quebec.

**Methods.** A quantitative research design is employed, whereby cross-sectional analyses are performed. The unit of analysis is the individual. A subsample of 8405 adults living in the six major metropolitan areas of Quebec of the CARTaGENE cohort was used. Participants in this sample answered questionnaires related to their health and lifestyle

habits. Exposures to food environments were operationalized using 1000-meter buffer zones around residential addresses and by distance calculations using road networks. Five density indicators were calculated: density of grocery stores and supermarkets, density of convenience stores, density of fast-food restaurants, numbers of convenience stores, and ratio of fast-food restaurants and convenience stores to supermarkets and grocery stores. Three proximity measures were calculated: distance to the nearest supermarket or grocery store, distance to the nearest convenience store and distance to the nearest fast-food restaurants. Logistic regression analyses were performed to assess associations between these indicators and self-reported type II diabetes, considering potential confounders.

**Results.** Our results showed an absence of statistically significant relationships between proximity to food outlets, closest convenient stores, and closest fast-food restaurants (first quartiles in each category), and individual type II diabetes status. In contrast, the material deprivation index of a neighborhood was positively and significantly associated with type II diabetes risk. Furthermore, residing in a “food desert” was the only indicator of geographical access that was statistically significantly positively associated with type II diabetes risk, in both univariate (OR = 1.42, 95% CI : 1.05, 1.90) and multivariate (OR = 1.56, 95% CI : 1.12, 2.18) models.

**Conclusion.** Our results showed no significant relationship between individual type II diabetes status and most food environment factors. Existent literature has shown significant association of individual and neighborhood socioeconomic indicators with cardiometabolic disease risk, a relationship we also observed in our study, insofar as individual type II diabetes risk is concerned. Furthermore, residing in a ‘food desert’ significantly increased individual type II diabetes risk. Our results suggest that public health measures to curb type II diabetes should perhaps concomitantly address individual risk factors as well pertinent aspects of the food environment, along with neighborhood socioeconomic indicators.

**Keywords:** Food environment; Diabetes; GIS ; Density; Proximity; Fruit and vegetable; Diet; Canadian adults.



## 1. Introduction

Healthy food habits are intricately linked to the individual health of a person and therefore have been long considered a significant health determinant (Institute for Health and Evaluation, 2016). However, recent research has demonstrated that dietary choices are not simply a consequence of individual choice. Rather, individual and environmental factors coexist and such environmental factors such as the availability of commercial food outlets and the food choices they offer, as well as the promotion, pricing, and proximity of food options play a non-negligible role on individual food choice. As such, the role of geographic context as a health determinant has drawn significant interest in recent years (De Menezes et al., 2018).

The link between food environment and cardiovascular (CV) risk factors on a broader level has been the subject of significant research interest. Cross-sectional studies have demonstrated an association between food environment characteristics and CV risk factors. For example, Kelli et al. (2017) showed that residing in a food desert was associated with the presence of CV risk factors in a population without CV disease. Other cross-sectional studies have also established a link between the food environment and the presence of CV risk factors, such as obesity, type II diabetes (adult-onset diabetes) and hypertension (Auchincloss et al., 2009; Dubowitz et al., 2012; Dubowitz et al., 2015; Gibson, 2011; Morland and Evenson, 2009; Suarez et al., 2015). Furthermore, residing in a food desert was associated with poor diet and higher rates of obesity. Conversely, living near grocery stores was linked to higher fruit and vegetable consumption and lower obesity rates (Larson et al., 2009; Morland et al., 2002; Morland et al., 2006; Rundle et

al., 2009). However, despite these findings, there is a gap in the literature regarding the association of food environment factors with adverse CV outcomes. Furthermore, community-level interventions and public health policies would perhaps be more pertinent and efficacious if they were informed by a better understanding of the relationship between neighborhood food environment factors and type II diabetes risk.

There is growing research interest in the relationship between dynamic neighborhood characteristics, i.e., socioeconomic status and food environments, and obesity-related conditions such as type II diabetes (Cummins, 2007). Previous studies in the literature, particularly in the United States, have focused on the static nature of the built environment of communities and their link to chronic disease (Dubowitz et al., 2012; Auchincloss et al., 2009; Mujahid et al., 2008). On the other hand, Mezuk et al. (2016) demonstrate that the relationship between neighborhood SES and built environment characteristics is modifiable; in other words, it is not inevitable that underprivileged urban areas will be characterized either by food deserts or by high concentrations of outlets selling food of lesser nutritional quality (food swamps) (Macdonald et al., 2007). The corollary to this finding is that health-promoting aspects of the built environment, such as physical activity spots and green spaces, can counteract the potentially negative influence of health-damaging aspects of the food environment. (Kawakami et al., 2011).

The food environment is recognized as an important determinant of individual health as well as a putative target for community interventions to improve population health (Beaulac et al., 2009; De Menezes et al., 2018; Walker et al., 2010). The link between type II diabetes beyond individual dietary habits and the importance of

considering broader contextual factors of the food environment has recently received increased attention in the literature (Anand et al., 2015; Calling et al., 2016; Mozaffarian, 2016; Roux, 2016; Unger et al., 2014). However, several authors have highlighted the need to better elucidate the mechanisms by which factors in the food environment influence the development of cardiovascular diseases.

There is growing evidence suggesting an association between the local food environment and type II diabetes. Sarkar et al. (2018) investigated this link using cross-sectional data in the UK (more than 340,000 participants). The authors concluded that the density of unhealthy food sources (convenience stores and fast-food restaurants) was positively associated with the type II diabetes status of the study participants, even when controlling for confounding variables. The strength of that study is due to its large sample size as well as a representative study group in 21 major UK cities. The authors found that this link existed even when controlling for neighborhood socio-demographic variables/characteristics.

The scientific literature suggests that an evaluation of the accessibility aspect of a food environment necessitates a composite assessment of the access to healthy and non-healthy food options. For example, the “Healthy Food Funding Initiative” has recommended the opening of grocery stores in communities where food choices are limited (Dubowitz et al., 2015). Interestingly, post-hoc evaluation studies of such experiences have demonstrated that while perceived access to healthy foods, fruits, and vegetables improves after grocery stores open in such settings, objective measures (such as BMI and measures of diet quality) do not improve (Cummins et al., 2014; Dubowitz et

al., 2015; Elbel et al., 2015). These results suggest that the positive impacts associated with the implementation of healthy food options in a community may be counteracted by continued access to unhealthy food options.

The objective of the present study is to explore the links between the food environment and type II diabetes, at the individual level, in the Quebec context. To achieve this, CARTaGENE data will be used.

## **2. Materials and Methods**

### *2.1. Research design*

A cross-sectional quantitative analysis of individual-level data and community food environment data was conducted. Two distinct datasets were used in the analysis: 1) individual data on self-declaration of a diagnosis of type II diabetes, dietary behaviors, and socio-economic characteristics of individuals come from the CARTaGENE database; 2) the characteristics of the food environment, for their part, are operationalized using data from a directory of food businesses of the Ministry of Agriculture and Food of Quebec.

### *2.2 Study population*

This study draws from the CARTaGENE database which represents a cohort of participants from different metropolitan areas of Quebec carried out by a research team from the CHU Sainte-Justine and specially designed to facilitate the emergence of new research projects and new health knowledge. CARTaGENE consists of a biobank and a health database (CARTaGENE, 2016).

The CARTaGENE cohort is made up of 43,000 participants aged between 40 and 69, residing in 6 regions of Quebec: Montreal, Quebec, Sherbrooke, Saguenay, Trois-Rivières and Gatineau. This cohort has already been used in several other research projects (CARTaGENE, 2016; Goupil et al., 2016). The participants were randomly selected to represent the urban populations of Quebec. The selection was made from a provincial health insurance file. A detailed description of the cohort has previously been described

by Awadalla et al., 2013. For our analyses, we use a subsample of the CARTaGENE cohort. The participants in this sample were recruited during the first phase of the project (Phase A : 2009-2010, n= 20,004). They had to have completed the questionnaire on residential trajectories in order to allow us to identify their place of residence (n = 12,189) and they also had to have completed the questionnaire on eating behaviors (n = 8405).

### *2.3 Variables*

The dependent variable in this study is the measure of self-reported type II diabetes status.

In this study, the independent variables referred to fruit and vegetable intake as well as food environment variables and different measures of access to food sources. Fruit and vegetable intake (FVI) was based on responses to two questions in the study questionnaire, inquiring about the number of portions of vegetables and fruit respectively consumed per day, not including fruit or vegetable juice intake. A portion was defined as one-half cup. In this study, the variable fruit and vegetable intake was operationalized as the sum of both answers to these questions for a given participant, i.e., the total number of portions of fruit and vegetables consumed per day. The measure was analyzed categorically, i.e., participants who consumed five or more portions per day of fruits and vegetables (thereby exceeding the WHO minimal daily fruit and vegetable intake recommendation) were coded as “1” and participants who consumed less than five portions of fruits and vegetables were coded as “0”.

Insofar as food accessibility variables are concerned, geographic proximity (in km) to supermarkets, greengrocers, convenience stores and fast-food outlets, based on the

individual respondent's household address, were all chosen as independent variables. Data on geographic access to food outlets came from a database of the Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [MAPAQ]. In Quebec, all food outlets, including restaurants, are required to obtain a permit from MAPAQ in order to sell food (MAPAQ, 2011). Under this registration and permit application, the merchant's address as well as the name and category of business are collected and were used to describe the food environment of a given geographic area. MAPAQ data from 2013 were used, which corresponds to the CARTaGENE data collection period (Robitaille and Bergeron, 2013). The companies in this directory have been categorized by the Institut national de santé publique du Québec [INSPQ] and geocoded by the "Adresses Québec" service.

As mentioned above, the food outlets of interest studied in this project included: retail food outlets including supermarkets grocery stores and farmers markets, fast food restaurants, and convenience stores. The operationalization of each of the 3 types of food outlets have been previously described in the literature (Lalonde and Robitaille, 2014). Whereas fast food outlets are typically clearly defined, convenience stores often fall under several different permit categories within the MAPAQ database. Therefore, a combination of automated and manual search was conducted.

Food environment indicators that were used as independent variables were based on the Association of Public Health Epidemiologists in Ontario (APHEO) recommendation from the core indicators development group (Mahendra et al., 2017). These measures included proximity, density, and relative density of food outlets as compared to study

participant address. GIS data allowed for calculation of relative and absolute density measures for each of the three types of food outlets (retail outlets, fast food outlets, and convenience stores). Similarly, usage of Canadian census data was used to calculate dissemination blocks (DB) and dissemination areas (DA) as per the literature in order to subsequently measure population weighted average network distances (Statistics Canada, 2018). Proximity to food outlets, density of food outlets and measures of relative density also known as the Retail Food Environment Index (RFEI) were calculated as described in the literature (Carlos et al., 2010; Prevention CfDCa, 2011).

Specifically, the formula used to calculate proximity was as follows:

Proximity to food outlet

$$= \sum_{\text{All DBs in DA}} \frac{(\text{DB population}) \times (\text{distance (m) from the DB centroid to nearest food outlet of a given category})}{(\text{Total population of DA})}$$

The absolute density measure represents the population-weighted average number of food outlets of a given category within 1000 m of the DB centroids in a participant's DA. It was calculated as follows:

The density of food outlets

$$= \sum_{\text{All DBs in a DA}} \frac{(\text{DB population}) \times (\# \text{ of food outlets of a given category within 1000 m of the DB centroid})}{(\text{Total population of DA})}$$

where the 1000 m were measured as a distance from the road network rather than as a straight line or a Euclidean distance (Mahendra et al., 2017).



The Retail Food Environment Index (RFEI) is defined as the ratio of "unhealthy" food outlets to "healthy" food outlets within one kilometre of a DA participant's DB centroids and thus serves as an indicator of the variety of food outlets in each area (Spence et al., 2009). It was calculated as follows:

$$RFEI = \sum_{\text{All DBs in a DA}} \frac{\# \text{ less healthy food retailers (convenience stores and fast – food restaurants) within 1000 m of DB centroid}}{\# \text{ of healthy food retailers (supermarkets and grocery stores) within 1000 m of DB centroid}},$$

where convenience stores and fast-food establishments were considered "unhealthy" and retail food stores (supermarkets and grocery stores) were considered "healthy". Consistent with previous research (Spence et al., 2009 and Babey et al., 2008), the RFEI was categorized as: below 3.0, 3.0 – 4.9, and 5.0 and above. A higher RFEI corresponds to an environment with a predominance of unhealthy food choices and a lower RFEI conversely corresponds to a healthier food environment. A distance of one km was used for all indicators, in line with APHEO recommendations and consistent with previous research (Mahendra et al., 2017). This distance, which is about a 15-minute walk, was deemed appropriate for our mostly urban households.

The participants' self-reported residential address in 2011 was used to calculate environmental indicators. Each environmental measure was analyzed as a categorical variable where the categories correspond to quartiles. This was performed to uniformly use quartiles for all environmental indicators, as was the case for population density and deprivation index.

Finally, we then created an additional variable to study the presumed impact of residing in a food desert on diabetes risk. This indicator represents sectors where there is no supermarket or grocery stores within a 1000 metres buffer of the residence.

Control/confounding variables that were used in the analyses include several individual data defining and characterizing the study population. For instance, age (continuous variable), gender (binary), household income (categorical; quintiles), level of education (categorical), and marital status (categorical).

#### *2.4 Analysis*

SPSS version 27 was used for data analysis. Participants with missing data were excluded from the study. Baseline characteristics of the population were analyzed using univariate and bivariate statistics. More specifically, the characteristics of the population and their relationship with the variables of the food environment and healthy eating behaviors, i.e., the consumption of fruits and vegetables, were studied. Subsequently, various logistic regression models were developed to study the link between geographic access to healthy food sources, fruit and vegetable consumption and diabetes (after controlling for confounding variables). More precisely, each geographical access variable was first correlated with the dependent variables to study the relationship between that variable independently with type II diabetes status. Subsequently, multivariate logistic regression models assessed the impact of all geographic access variables on dietary habits and certain cardiometabolic risk factors.

Multiple logistic regression was carried out in a stepwise manner whereby variables achieving significance in univariate analyses were subsequently incorporated into regression models.

Model A studies type II diabetes status as a function of individual-level characteristics only (model A). Model B includes individual-level data and provincial variations of the neighbourhood deprivation index. Subsequent models add geographical access indicators to Model B such as distance in meters to the nearest grocery store (model C), density of food outlets (model D), distance in meters to the nearest convenience store (model E), density of convenience stores (model F), distance (model G) or density (model H) of fast-food outlets, and measures of the Retail Food Environment Index [RFEI] (model I).

We then created univariate and multivariate logistic regression models to study the role of residing in a food desert on diabetes risk, with and without the addition of individual variables (models J and K).

Ethical considerations of this study were considered and approval for this project was obtained from Université de Montréal (Approval # CERSES-19-063-D) and from the ethics review board committee of CARTaGENE (Approval# 549966).

### 3. Results

The study cohort consisted of CARTaGENE respondents who completed the residential trajectories questionnaire in order to allow us to identify their place of residence (n = 12,189) and they also had to have completed the eating behavior questionnaire, providing a total sample size of 8,405 adults.

#### 3.1. Descriptive analyses

Baseline characteristics of the population studied are presented in Table 1.

Table 1 : Characteristics of the participants assessed in the primary analysis (n=8405)

		Cohort of participants without Type II diabetes			Cohort of participants with Type II diabetes		
		Mean	n	%	Mean	n	%
Age of the respondent		54,63			57,53		
Sex	Male		3663	47 %		373	58 %
	Female		4094	53%		275	42%
Distance to the closest food store (m)		1213			1155		
Distance to the closest convenience store (m)		765			697		
Number of commercial food sites (n)		17			14		
Distance to the closest fast food restaurants (m)		1012			944		

Density of commercial food sites		4			3		
Density of convenience stores		9			8		
Density of fast-food restaurants		8			6		
Employment status	Worker		5177	67%		323	50%
	Unemployed <sup>1</sup>		300	4%		35	5%
	Retired		202	2%		39	5%
	Care giving (home)		171	2%		21	3%
	Unable to work <sup>2</sup>		1883	22%		226	29%
Marital status	Married		5223	68%		425	66%
	Divorced		980	39%		85	38%
	Seperated		298	18%		25	17%
	Widowed		202	7%		25	8%
	Single		1032	24 %		86	20 %
Highest level of education completed	None		7	0 %		0	0 %
	Elementary		92	1%		12	2%
	High school		1588	19%		177	25%
	Technical school		1669	20%		146	20%
	College		790	9%		58	8%
	University certificate		663	8%		46	6%
	Bachelor degree		1850	20%		143	18%

	Graduate studies		1079	13%		63	9%
Income <sup>3</sup>	< 10 000 \$		131	2%		20	3%
	10 000 \$ - 24 999 \$		508	7%		58	10%
	25 000 \$ - 49 999 \$		1589	23%		191	36%
	50 000 \$ - 74 999 \$		1712	33%		145	42%
	75 000 \$ - 99 999 \$		1206	30%		86	35%
	100 000 \$ - 149 999 \$		1399	28%		83	25%
	150 000 \$ - 200 000 \$		593	10%		23	5%
	> 200 000 \$		281	4%		10	2%
BMI <sup>4</sup>	underweight + normal		2651	34%		2403	31%
	overweight		3155	30%		3257	41%
	moderately obese		1362	14%		1452	18%
	severely obese		691	8%		719	9%
Fruit and Vegetable Consumption	<5		5392	70%		459	72%
	≥5		2293	30%		181	28%

<sup>4</sup>including students without jobs

<sup>2</sup> because of sickness or disability

<sup>3</sup> Average total annual income, from all sources, before tax received by entire household

<sup>4</sup> Based on Impedance or measured height/weight or reported

As presented in table 1, the two patient sub-populations studied in the analysis (with and without type II Diabetes) were quite comparable. The average age of the study population was approximately 55 years old. The type II diabetic cohort was slightly older, with an average age of 57.5 years old. The study population had a slightly higher percentage of females compared to males (52 % vs. 48 %). In contrast, the diabetic sub-population had a higher proportion of males (58%) compared to the non-diabetic cohort (47%).

The neighborhood characteristics of the study population and the two sub-population cohorts are also presented in Table 1. Global characteristics of the populations are largely similar, however, the diabetic cohort tended to have a) closer food commerce outlets, b) closer convenient stores, and c) fewer overall food commerce outlets.

Interestingly, employment profiles of study participants demonstrate that the diabetic cohort had significantly higher unemployment rates and especially, higher rates of unemployment due to illness/disability (29% diabetic cohort versus 22% in non-diabetic cohort). This pattern is mirrored in employment rates, with the non-diabetic cohort enjoying significantly higher rates (67%) compared to the diabetic cohort (50%).

Marital status of study participants was homogenous across the two groups. The non-diabetic cohort tended to have more advanced education compared to the diabetic cohort (13% graduate studies in non-diabetic cohort vs. 9% in diabetic cohort) and tended to have higher average salary brackets (Table 1). Fruit and vegetable consumption profiles across the two cohorts interestingly were quite similar, with the diabetic cohort having slightly less 'adequate' FVI as per WHO nutritional guidelines (30% non-diabetic cohort vs. 28% diabetic cohort)

### *3.2. Univariate and Multivariate Models*

Table 2 presents a composite overview of the statistical analyses of the various models studied.



**Table 2 :** Odds ratios representing probability of Type II Diabetes status, by participant characteristics, as calculated with logistic regression (n= 8405).

Characteristics	Individual models OR (95 % CI)	Model A <sup>1</sup>	Model B <sup>2</sup>	Model C <sup>3</sup>	Model D <sup>4</sup>	Model E <sup>5</sup>	Model F <sup>6</sup>	Model G <sup>7</sup>	Model H <sup>8</sup>	Model I <sup>9</sup>
		OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)	OR (95 % CI)
Age (continuous)	1.08 (1,06 - 1,09)**	1.07 (1,06 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**	1.07 (1,05 - 1,08)**
Sex										
Men	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF
Women	0.51 (0.43 - 0.62)**	0.47 (0.39 - 0.59)**	0.49 (0.40 - 0.60)**	0.49 (0.40 - 0.60)**	0.49 (0.40 - 0.61)**	0.49 (0.40 - 0.61)**	0.49 (0.40 - 0.61)**	0.49 (0.40 - 0.60)**	0.49 (0.40 - 0.61)**	0.49 (0.40 - 0.60)**
<b>Body Mass Index (BMI) categorical</b>										
underweight + normal <sup>10</sup>	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF
overweight	5.54 (4.08 - 7.51)**	4.33 (3.15 - 6.08)**	4.43 (3.18 - 6.17)**	4.33 (3.11 - 6.03)**	4.39 (3.15 - 6.11)**	4.46 (3.20 - 6.21)**	4.43 (3.18 - 6.17)**	4.46 (3.20 - 6.21)**	4.37 (3.14 - 6.08)**	4.47 (3.21 - 6.22)**
moderately obese	9.87 (6.99 - 13.94)**	9.16 (6.37 - 13.16)**	9.43 (6.49 - 13.70)**	9.29 (6.39 - 13.51)**	9.31 (6.40 - 13.54)**	9.44 (6.50 - 13.72)**	9.40 (6.46 - 13.67)**	9.44 (6.50 - 13.72)**	9.29 (6.39 - 13.51)**	9.50 (6.53 - 13.80)**
severely obese	14.64 (9.88 - 21.69)**	14.74 (9.75 - 22.28)**	14.92 (9.75 - 22.84)**	14.78 (9.65 - 22.63)**	14.76 (9.64 - 22.60)**	14.96 (9.78 - 22.91)**	14.74 (9.63 - 22.57)**	14.96 (9.78 - 22.91)**	14.73 (9.61 - 22.58)**	14.83 (9.69 - 22.70)**
<b>Income categorical</b>										
<\$10,000	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF
\$10,000 - \$49,000	0.72 (0.43 - 1.20)	0.55 (0.32 - 0.96)*	0.60 (0.34 - 1.07)	0.59 (0.33 - 1.06)	0.60 (0.34 - 1.06)	0.60 (0.39 - 1.08)	0.60 (0.34 - 1.08)	0.60 (0.34 - 1.08)	0.58 (0.33 - 1.04)	0.61 (0.34 - 1.10)
\$50,000 - \$99,000	0.46 (0.28 - 0.77)*	0.41 (0.23 - 0.71)*	0.46 (0.25 - 0.82)*	0.44 (0.24 - 0.78)*	0.45 (0.25 - 0.80)*	0.45 (0.25 - 0.82)**	0.45 (0.25 - 0.81)*	0.45 (0.25 - 0.82)*	0.43 (0.24 - 0.77)*	0.46 (0.26 - 0.83)*
\$100,000 – \$199,000	0.29 (0.17 - 0.50)**	0.31 (0.17 - 0.55)**	0.37 (0.20 - 0.68)**	0.35 (0.19 - 0.65)**	0.36 (0.19 - 0.67)**	0.37 (0.20 - 0.68)**	0.37 (0.20 - 0.68)**	0.37 (0.20 - 0.68)**	0.35 (0.19 - 0.64)**	0.38 (0.20 - 0.70)**
>\$200,000	0.10 (0.03 - 0.31)**	0.11 (0.03 - 0.34)**	0.13 (0.04 - 0.43)**	0.13 (0.04 - 0.41)**	0.13 (0.04 - 0.42)**	0.13 (0.04 - 0.43)**	0.13 (0.04 - 0.42)**	0.13 (0.04 - 0.43)**	0.13 (0.04 - 0.40)**	0.14 (0.04 - 0.44)**
<b>Educational background</b>										

Up to Primary Education	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF
Secondary Education	0.71 (0.36 - 1.4)	1.01 (0.76 - 1.33)	1.05 (0.80 - 1.40)	1.05 (0.79 - 1.40)	1.06 (0.80 - 1.40)	1.05 (0.79 - 1.40)	1.05 (0.79 - 1.40)	1.05 (0.79 - 1.40)	1.06 (0.80 - 1.41)	1.05 (0.79 - 1.40)
CÉGEP / Technical school	0.59 (0.29 - 1.2)	0.87 (0.60 - 1.25)	0.94 (0.65 - 1,37)	0,96 (0,66 - 1,40)	0,95 (0,65 - 1,38)	0,94 (0,65 - 1,37)	0,95 (0,66 - 1,39)	0,94 (0,65 - 1,37)	0,96 (0,66 - 1,39)	0,94 (0,65 - 1,37)
University (undergraduate and above)	0.56 (0.29 - 1.1)	1.01 (0.78 - 1.30)	1.05 (0.81 - 1,37)	1.10 (0.84 - 1.43)	1.07 (0.82 - 1.40)	1.06 (0.81 - 1.38)	1.06 (0.81 - 1.39)	1.06 (0.81 - 1.38)	1.07 (0.82 - 1.40)	1.05 (0.81 - 1.37)
<b>Fruit and/or Vegetable (combined) Consumption</b>										
<4	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF
>5	<b>0.94 (0.89 - 0.99)*</b>	0.87 (0.58 - 1.31)	0.90 (0.60 - 1.36)	0.91 (0.60 - 1.37)	0.91 (0.60 - 1.37)	0.90 (0.60 - 1.36)	0.90 (0.59 - 1.35)	0.90 (0.60 - 1.36)	0.91 (0.61 - 1.38)	0.89 (0.59 - 1.35)
<b>Material Deprivation Index (quintiles)</b>										
Quintile 1	REF		REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF	REF
Quintile 2	<b>1.36 (1,04 - 1,76)*</b>		1.09 (0,82 - 1,45)	1.08 (0,81 - 1,44)	1.08 (0,81 - 1,44)	1.09 (0,82 - 1,45)	1.08 (0,81 - 1,43)	1.09 (0,82 - 1,45)	1.07 (0,80 - 1,43)	1.08 (0,81 - 1,44)
Quintile 3	<b>1.39 (1,06 - 1,83)**</b>		1.15 (0,85 - 1,55)	1.14 (0,85 - 1,54)	1.14 (0,85 - 1,54)	1.15 (0,85 - 1,54)	1.12 (0,83 - 1,52)	1.15 (0,85 - 1,54)	1.13 (0,84 - 1,53)	1.14 (0,84 - 1,53)
Quintile 4	<b>1.64 (1,25 - 2,17)**</b>		1.22 (0,89 - 1,66)	1.24 (0,91 - 1,70)	1.22 (0,89 - 1,66)	1.21 (0,89 - 1,66)	1.19 (0,87 - 1,63)	1.21 (0,89 - 1,66)	1.19 (0,87 - 1,62)	1.20 (0,88 - 1,63)
Quintile 5	<b>2.19 (1,62 - 2,97)**</b>		<b>1.51 (1,07 - 2,14)*</b>	<b>1.54 (1,08 - 2,20)*</b>	<b>1.52 (1,07 - 2,15)*</b>	<b>1.51 (1,06 - 2,15)*</b>	<b>1.47 (1,02 - 2,11)*</b>	<b>1.51 (1,06 - 2,15)*</b>	<b>1.47 (1,04 - 2,10)*</b>	<b>1.46 (1,03 - 2,07)*</b>
<b>Distance (m) to closest food commerce<sup>1</sup></b>										
Quartile 1 (<475m)	REF			REF						
Quartile 2 (475-896m)	1.13 (0,88 - 1,44)			1.22 (0,92 - 1,61)						
Quartile 3 (897-1519m)	1.18 (0,92 - 1,51)			<b>1.38 (1,04 - 1,83)*</b>						
Quartile 4 (>1520m)	0.81 (0,62 - 1,06)			0.95 (0,70 - 1,29)						
<b>Density of food commerce</b>										
Quartile 1 (<0,35)	REF				REF					

<sup>1</sup> Grocery store, supermarket and public market.

Quartile 2 (0.36-1.62)	<b>1.31 (1,02 - 1,69)*</b>				1.18 (0,89 - 1,56)				
Quartile 3 (1.63-4.38)	1.28 (0,99 - 1,65)				1.14 (0,85 - 1,51)				
Quartile 4 (>4,39)	1.13 (0,87 - 1,47)				0.99 (0,73 - 1,34)				
<b>Distance (m) to closest convenient store</b>									
Quartile 1 (< 302 m)	REF					REF			
Quartile 2 (302-556m)	<b>1.35 (1,06 - 1,71)*</b>					<b>1.41 (1,07 - 1,85)*</b>			
Quartile 3 (557-960m)	1.04 (0,81 - 1,34)					1.25 (0,93 - 1,68)			
Quartile 4 (>960m)	0.86 (0,66 - 1,12)					1.09 (0,79 - 1,49)			
<b>Density of closest convenient store</b>									
Quartile 1 (<1,81)	REF						REF		
Quartile 2 (1.82-4.04)	1.28 (0,98 - 1,67)						1.08 (0,81 - 1,44)		
Quartile 3 (4.05-10.73)	<b>1.64 (1,27 - 2,11)*</b>						1.23 (0,92 - 1,65)		
Quartile 4 (>10,73)	1.25 (0,95 - 1,63)						1.01 (0,74 - 1,37)		
<b>Distance (m) to closest fast-food restaurant</b>									
Quartile 1 (<445m)	REF							REF	
Quartile 2 (446-760m)	0.99 (0,78 - 1,26)							1.14 (0,87 - 1,50)	
Quartile 3 (761-1267m)	0.86 (0,67 - 1,11)							1.00 (0,75 - 1,33)	
Quartile 4 (>1267m)	0.81 (0,63 - 1,04)							1.02 (0,76 - 1,37)	
<b>Density of Fast-food restaurants</b>									
Quartile 1 (0-1)	REF								REF
Quartile 2 (1-4)	0.92 (0,71 - 1,20)								0.83 (0,62 - 1,11)
Quartile 3 (4.01-9.22)	<b>1.47 (1,16 - 1,87)*</b>								1.25 (0,96 - 1,64)

Quartile 4 (>9,22)	0.92 (0,71 - 1,19)								0.77 (0,57 - 1,04)	
<b>Retail Food Environment Index [RFEI]</b>										
Category 1 (<3)	REF									REF
Category 2 (3 – 4.9)	0.71 (0.31 - 1.63)									0.85 (0.36 - 2.00)
Category 3 (>5)	<b>1.26 (1.02 - 1.56)*</b>									1.17 (0.93 - 1.49)

\*Significant at  $p \leq 0.05$

\*\*Significant at  $p \leq 0.01$

<sup>1</sup>Model A: Type II Db \* (Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education)

<sup>2</sup>Model B: Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat)]

<sup>3</sup>Model C : Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat)] + distance to closest grocery store (distcom)]

<sup>4</sup>Model D: Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat) + density of food outlets (denscom)]

<sup>5</sup>Model E : Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat) + distance to closest convenience store (distdep)]

<sup>6</sup>Model F : Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat) + density of convenience stores (densdep)]

<sup>7</sup>Model G : Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat) + distance to closest fast-food outlet (distrm)]

<sup>8</sup>Model H : Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat) + density of fast-food outlets (densrm)]

<sup>9</sup>Model I : Type II Db \* [(Individual variables: Age/Sex/BMI/FV consumption/Revenue/Education) + Deprivation Index (quintmat) + retail food environment index (RFEI)]

<sup>10</sup>Underweight and normal weight BMI participants were grouped together, owing to the very small number of underweight respondents (72; 0.87% of respondents).

Table 2 presents the results of analyses of the various models studied in the regression analyses. Individual bivariate analyses show that: age is positively significantly correlated to diabetes status. This relationship persists across the various models, which is compatible with the epidemiology of type II diabetes, formerly known as 'adult-onset' diabetes. Female gender, when tested alone against type II diabetes status showed a protective effect (OR = 0.51, 95 % CI : 0.43, 0.62). This relationship persisted as a negative predictive (protective) factor for type II diabetes when studied in multivariate models. In models A-F, female gender was negatively correlated to diabetes status. BMI, when studied as a continuous variable, was positively correlated with diabetic status, but this relationship did not achieve statistical significance. When studied as a categorical variable, this relationship achieved significance across all BMI categories higher than overweight. This positive correlation grew stronger among higher BMI groups: overweight (OR = 5.54, 95 % CI : 4.08, 7.51); moderately obese (OR = 9.87, 95 % CI : 6.99, 13.94); and severely obese (OR = 14.64, 95 % CI : 9.88, 21.69).

Income studied as a continuous variable was negatively correlated with diabetes status (OR = 0.77, 95 % CI : 0.73, 0.82). The relationship within salary echelons was quite telling – higher salary brackets had significant reductions in probabilities of diabetes type II status. Similarly, higher educational background was more negatively correlated with diabetes status in univariate analyses. Fruit and vegetable consumption was slightly negatively correlated with diabetes status, but this relationship failed to achieve significance.

Insofar as food environment variables are concerned, univariate analyses demonstrated that geographic proximity to food stores was positively associated with diabetes status. This relationship was especially stronger for proximity to convenience stores. The material deprivation

index of a given neighborhood was positively correlated with diabetes status: more financially deprived neighborhoods had higher type II diabetes risk. The density of fast-food restaurants did not seem to have an influence on type II diabetes risk.

*Diabetes Type II risk as a function of individual characteristics.*

Model A studied the impact of individual patient characteristics on type II diabetes status in a multivariate model. Here, obesity demonstrated a significant, positive correlation with diabetes status for all overweight and obese classes. Revenue showed a consistent, graded negative correlation with diabetes status – higher salary classes had progressively stronger negative correlations with diabetic status. On the other hand, education showed no statistically significant correlation. Higher FVI was negatively associated with diabetes status, but this association did not achieve statistical significance.

*Diabetes Type II risk as a function of individual characteristics and deprivation index of a given neighborhood.*

Model B studies the impact of individual patient characteristics while taking into consideration the relative deprivation index of a given neighborhood. Here, the results of the multivariate analysis show once again that BMI is significantly correlated with type II diabetes status. Similarly, higher income is a protective factor for type II diabetes status. Much like model A, education did not show a statistically significant relationship with type II diabetes status. Inasmuch as increased fruit and vegetable consumption is associated with a slight reduction in type II diabetes risk, this association did not achieve significance. Interestingly, there is a positive

association between material deprivation index of a neighborhood and type II diabetes status. However, only the neighborhoods with the highest deprivation index showed a statistically significant positive relationship with diabetes status (OR = 1.51, 95% CI : 1.07, 2.14).

*Type II diabetes risk as a function of individual characteristics, neighborhood material deprivation, and distance and density of food outlets.*

Model C investigated the relationship between individual characteristics of participants, food environment factors, and their collective impact on type II diabetes status. In this model, the geographic distance to the closest food commerce, an index of geographic accessibility to healthy food sources, is studied as a putative risk factor for type II diabetes. In this multivariate model, we once again show a positive statistically significant correlation between higher BMI categories and diabetes. Similarly, income is negatively correlated with type II diabetes risk. Educational background shows no significant relationship with type II diabetes risk. Fruit and vegetable consumption once again is not statistically associated with type II diabetes risk. In this model, neighborhood deprivation index retains its positive association when type II diabetes risk. Once again, neighborhoods with the highest deprivation indices had a statistically significant positive association with type II diabetes risk. Interestingly, distance to the closest food outlet did not show a significant impact on type II diabetes risk, however a statistically significant relationship was observed for participants residing in the 3<sup>rd</sup> quartile of distance to the closest food outlet (OR = 1.38, 95% CI : 1.04, 1.83). Similarly, density of food outlets was not statistically correlated to type II diabetes risk.

*Type II diabetes risk as a function of individual patient characteristics, neighborhood deprivation index, and distance to closest convenience stores as well as density of convenience stores in each neighborhood.*

Models E and F respectively examined the role of individual and neighborhood characteristics on type II diabetes risk as well as the impact of two food environment factors – distance to closest convenience stores and density of convenience stores on such risk. In model E, we showed that there is a positive association between distance to closest convenience store and type II diabetes risk in the multivariate model. Specifically, individual participants residing in the second quartile of the ‘distance to the closest convenience store’ variable had a statistically significant increased risk of having type II diabetes (OR = 1.41, 95% CI : 1.07, 1.85). However, the multivariate model in model F showed that density of convenience stores in a given neighborhood did not statistically significantly modify the risk of having type II diabetes.

*Type II diabetes risk as a function of individual patient characteristics, deprivation index of a neighborhood, and distance to the nearest fast-food outlet.*

In model G, multivariate analysis shows that BMI is consistently positively associated with type II diabetes risk. Similarly, revenue plays a protective role on type II diabetes risk. Neither education nor fruit and vegetable consumption were significant risk factors for type II diabetes status. We once again note that very high neighborhood deprivation index was a statistically



significant positive risk factor for type II diabetes. Interestingly, however, distance to the closest fast-food restaurant did not show a significant impact on diabetes risk.

*Type II diabetes risk as a function of individual patient characteristics, neighborhood deprivation index, and density of fast-food outlets*

In model H, we perform a multivariate analysis examining the role of individual patient characteristics, neighborhood deprivation indices, and the density of fast-food outlets on composite type II diabetes risk. BMI and revenue consistently show respectively positive and negative associations with type II diabetes status. Similarly, neither patient education nor fruit and vegetable consumption showed a statistically significant relationship with type II diabetes status. Once again, neighborhoods with the highest deprivation indices demonstrated a statistically significantly higher risk for type II diabetes. The density of fast-food outlets in a given neighborhood did not statistically significantly impact type II diabetes status.

*Type II diabetes risk as a function of individual patient characteristics, neighborhood deprivation index, and relative food outlet variability density.*

In this multivariate model, we study the role of neighborhood deprivation index and relative food outlet variability density (also known as the Retail Food Environment Index [RFEI]), along with individual patient characteristics on type II diabetes status. Much like the other

models, we show that there is a statistically significant positive correlation between BMI and type II diabetes risk. We further note that there is a protective effect of revenue status on type II diabetes risk. Like the other models, educational background and food and vegetable consumption are not statistically significantly associated with type II diabetes status. Neighborhoods with the highest deprivation index had a significant positive association with type II diabetes status. Relative food outlet variability density, in the multivariate model, was not significantly associated with type II diabetes status.

*Type II diabetes risk as a function of residing in a food desert.*

Table 3 presents the results of the individual bivariate analyses and the results of a multivariate model including residing in a food desert. In both columns, we can observe that age is significantly positively correlated to diabetes status. Female gender, when tested alone against type II diabetes status showed a protective effect (OR = 0.51, 95% CI : 0.43, 0.62). This relationship was also observed in the multivariate model (Table 3, column 3). BMI, studied as a categorical variable, was positively correlated with diabetic status across all BMI categories higher than “overweight”. This relationship existed in both the bivariate and multivariate models. Higher income was negatively correlated to type II diabetes status, a relationship which was mirrored in both models. Educational background did not significantly alter type II diabetes status in either the bivariate or the multivariate models. Higher FVI was slightly significantly negatively correlated with type II diabetes status in the bivariate model, whereas no relationship was observed in the multivariate analysis.

Bivariate analysis shows that residing in a food desert is statistically significantly positively associated with type II diabetes status (OR = 1.42, 95% CI : 1.05, 1.90). Furthermore, the multivariate model shows that residing in a food desert remains a significant positive predictor of type II diabetes status ( $p < 0.01$ ) even while controlling for individual factors including age, sex, FVI, income, and educational status (OR = 1.56, 95% CI : 1.18, 2.18).

Table 3 : Odds ratios representing probability of Type II Diabetes status, by participant characteristics and food desert habitation, as calculated with logistic regression (n= 8 405).

Characteristics	Individual models ( <i>Bivariate Analysis</i> ) OR (95 % CI)	Food Desert ( <i>Multivariate Analysis</i> ) OR (95 % CI)
<b>Age (continuous)</b>	<b>1.07 (1,06 - 1,09)**</b>	<b>1.07 (1,06 - 1,08)**</b>
<b>Sex</b>		
Men	REF	REF
Women	<b>0.51 (0.43 - 0.62)**</b>	<b>0.49 (0.39 - 0.60)**</b>
<b>Body Mass Index (BMI) categorical</b>		
underweight + normal	REF	REF
overweight	<b>5.54 (4.08 - 7.51)**</b>	<b>4.28 (3.08 - 5.94)**</b>
moderately obese	<b>9.87 (6.99 - 13.94)**</b>	<b>9.13 (6.30 - 13.24)**</b>
severely obese	<b>14.64 (9.88 - 21.69)**</b>	<b>14.64 (9.59 - 22.36)**</b>
<b>Income categorical</b>		
<\$10,000	REF	REF
\$10,000 - \$49,000	0.72 (0.43 - 1.20)	0.59 (0.33 - 1.05)
\$50,000 - \$99,000	<b>0.46 (0.28 - 0.77)*</b>	<b>0.44 (0.25 - 0.79)**</b>
\$100,000 – \$199,000	<b>0.29 (0.17 - 0.50)**</b>	<b>0.36 (0.20 - 0.67)**</b>
>\$200,000	<b>0.10 (0.03 - 0.31)**</b>	<b>0.13 (0.04 - 0.42)**</b>
<b>Educational background</b>		
Up to Primary Education	REF	REF
Secondary Education	0.71 (0.36 - 1.4)	1.00 (0.76 - 1.33)
CÉGEP / Technical school	0.59 (0.29 - 1.2)	0.88 (0.60 - 1.27)
University (undergraduate and above)	0.56 (0.29 - 1.1)	1.02(0.79 - 1.30)
<b>Fruit and/or Vegetable (combined) Consumption</b>		
<4	REF	REF

>5	<b>0.94 (0.89 - 0.99)*</b>	0.94 (0.63 - 1.41)
<b>Material Deprivation Index (quintiles)</b>		
Quintile 1	REF	REF
Quintile 2	<b>1.36 (1,04 - 1,76)*</b>	1.08 (0,81 – 1,43)
Quintile 3	<b>1.39 (1,06 - 1,83)**</b>	1.13 (0,84 – 1,53)
Quintile 4	<b>1.64 (1,25 - 2,17)**</b>	1.22 (0,90 – 1,70)
Quintile 5	<b>2.19 (1,62 - 2,97)**</b>	<b>1.51 (1,07 – 2,14)*</b>
<b>Food Desert</b>	<b>1.42 (1.05 - 1.90)**</b>	<b>1.56 (1.12 – 2.18)**</b>

\*Significant at  $p \leq 0.05$

\*\*Significant at  $p \leq 0.01$

## 4. Discussion

Our study consisting of 8405 adult participants across 6 metropolitan regions of Quebec studied the role of individual patient characteristics as well as fruit and vegetable consumption, and food environment factors, independently and collectively, on type II diabetes risk. Baseline characteristics of the patient population as well as neighborhood characteristics of the study participants was largely comparable.

### *4.1 Characteristics of the Study Population*

Inasmuch as there is global comparability among the characteristics of the study population and the two sub-population cohorts, the descriptive analyses interestingly show salient differences among the two sub-population cohorts across employment and educational status. Specifically, the diabetic cohort had significantly higher unemployment rates, and more specifically higher rates of unemployment due to illness and/or disability. This disability-related unemployment may putatively reflect the morbidity associated with type II diabetes and its consequences, although no such conclusion can definitively be drawn. Educational history attainment differs significantly among the two groups, with the diabetic cohort in general having less proportionate advanced education compared to the non-diabetic cohorts. Average salary brackets were also higher among non-diabetic patients. Interestingly, in the univariate as well as the various multivariate models, revenue had a protective impact on type II diabetes status. However, educational background did not seem to significantly correlate with type II diabetes status. This suggests that there is a non-negligible component of socioeconomic status as a risk factor for type II diabetes with revenue playing the strongest role in predicting disease risk.

#### *4.2 Food environment variables and type II diabetes risk*

Another interesting observation was that food and vegetable combined consumption was associated with a slight but significant reduction in type II diabetes risk only when tested in the bivariate model. In all the multivariate analyses, fruit and vegetable consumption did not significantly correlate with type II diabetes status. Furthermore, no model showed consistent statistically significant associations (across several quartiles) between distances to: a) closest food commerce; or b) closest convenience store; or c) closest fast food restaurant and type II diabetes status, although proximity to such food outlets was slightly positively associated (but did not reach statistical significance) with type II diabetes status. Residing in the 3<sup>rd</sup> quartile of distance to closest food commerce and the 2<sup>nd</sup> quartile of distance to closest convenience store were each associated with significantly higher risk of type II diabetes status, a result that seems counter-intuitive at first glance and merits further attention.

Specifically, a closer examination of the results presented in Table 2 however show an interesting pattern insofar as the impact of distance to closest food commerce and closest convenience store are concerned. Particularly, participants who resided in areas with close proximity to convenience stores (second quartile) had a significantly higher risk for type II diabetes. This finding confers with that of Mezuk et al. (2015), wherein a correlation between relative access to unhealthy food outlets and the prevalence of diabetes was established in a Swedish population. Distance to the closest food commerce, which includes grocery stores, supermarkets, and public markets, was positively correlated with type II diabetes status in participants residing in the third quartile. This suggests that residing further from healthy food outlets is in fact a positive risk factor for type II diabetes.

Additionally, the material deprivation index of a given geographic neighborhood was positively correlated with type II diabetes risk, and neighborhoods with the highest deprivation index had a statistically significant increased risk of type II diabetes among their patient population. Interestingly, our results show that residing in a food desert, operationalised as residing in a neighborhood with no access to healthy food sources (supermarkets and/or grocery stores), was a significant predictor of type II diabetes risk, even when controlling for individual factors including age, sex, income, education status, and dietary habits.

#### *4.3 Significance of findings*

Our findings are significant insofar as they add to the knowledge base on the role of geographical and environmental factors of a community, and in particular, the role of the food environment on type II diabetes risk. Existing research has often focused on obesity, with little evidence on the association of environmental factors on other cardiovascular risk factors (Cobb et al., 2015; Engler-Stringer et al., 2014; Gamba et al., 2015). Furthermore, we add to the knowledge base by demonstrating that residing in a zone with a complete inaccessibility to healthy food options (i.e., a 'food desert') is a positive significant predictor of type II diabetes risk, independent of individual factors. This finding adds to the literature on the role of food deserts on chronic diseases (Minaker et al., 2016; Hager et al., 2017; Santé Canada, 2014).

Furthermore, there is a relative paucity of evidence on the role of food environment factors on chronic diseases, especially type II diabetes, in the Quebec context. This study contributes to the literature by studying this relationship in a large cohort of residents living in 6



metropolitan regions in Quebec, notwithstanding that the majority of the food environment variables had no significant observable impact on type II diabetes status.

Mezuk et al. (2015) investigated the link between access to unhealthy food sources and diabetes, based on the Swedish national register of 4,718,583 adults residing in more than 9,5353 different residential areas. These researchers demonstrated a correlation between relative access to unhealthy food outlets and the incidence and prevalence of diabetes. The probability of developing diabetes was highest in sectors where one-third of outlets are harmful to health. Compared to individuals whose food environment had not changed, those who moved to areas where food stores are considered more harmful to health (convenience stores, fast food restaurants, bars, and pubs) had higher probabilities of developing diabetes (OR = 3.67, 95 % CI: 2.14, 6.30). Among those who did not move, living in an area where unhealthy foods are more accessible was also associated with a higher likelihood of diabetes (OR = 1.72, 95% CI: 1.27, 2.33). These results suggest that the local food environment, including dynamic changes in such an environment resulting in easier access to unhealthy food choices, was associated with type II diabetes status.

Our results are in agreement with Mezuk et al. (2015) insofar as we found that residing close to convenience stores (presumably unhealthy food outlets) was significantly associated with type II diabetes status. Furthermore, residing in the third quartile (further distance) to healthy food outlets (supermarkets, grocery stores, and public markets) was also associated with higher type II diabetes risk. Like Mezuk, we also find that certain aspects of the local food environment may have an association with type II diabetes status.

Bodicoat et al. (2014) investigated the relationship between the number of fast-food outlets in an individual's home neighborhood and the prevalence of diabetes and related risk factors, including obesity. A total of 10,461 participants (average age 59; 53 % male; 21 % non-white) participated in three diabetes screening studies in the UK (one general population study, two high-risk population studies) conducted in 2004 and 2011. The results show that there were a greater number of fast-food shops in a given neighborhood (500 m radius of the household postal code) with a predominance in socially disadvantaged areas ( $p < 0.001$ ). After adjusting for control variables, the authors found that more fast-food restaurants in a neighborhood were associated with an increased, albeit very small, risk of diabetes (OR = 1.02, 95 % CI: 1.00, 1.04) and obesity (OR = 1.02, 95 % CI: 1.00, 1.03). Sarkar et al. (2018) investigated the link between the dietary environment and type II diabetes status using cross-sectional data in the UK (more than 340,000 participants). The authors concluded that the density of unhealthy food sources (convenience stores, fast food restaurants, and pre-prepared foods) was positively associated with the diabetic status of study participants, even when controlling for confounding variables.

Unlike Bodicoat et al. (2014) and Sarkar et al. (2018), our results did not show a significant association between density of food outlets (both healthy and unhealthy) on type II diabetes. Our findings do not exclude that such associations exist, however, we were not able to establish such relationship in our analyses. Together, our results show that although most food environment variables were not significantly associated with type II diabetes status, individual and community socioeconomic indicators were. Furthermore, the manner in which food environment variables were operationalized and the size of buffer zones differed in our study compared to others in the literature, and it is possible that such analytical differences account for the disparity in findings.

For instance, Bodicoat et al. (2014) found a small, but statistically significant association between the presence of more fast-food restaurants in a neighborhood and an increased risk of diabetes (OR = 1.02, 95 % CI: 1.00, 1.04). Bodicoat et al. (2014), however, limited their analysis to the number of fast-food shops within a 500 m radius of the household postal code whereas our analysis was at the 1 km mark. Our rationale for using 1 km for all indicators was to be in line with APHEO recommendations and is consistent with previously published research (Mahendra et al., 2017). This distance, which is about a 15-minute walk, was deemed appropriate for our mostly urban households (Lytle and Sokol, 2017).

Although not directly studied in this research project, it is perhaps that the relative deprivation of a given neighborhood has an impact on the role of food environment factors and their association with type II diabetes risk. Although further research is needed, this could mean that public health efforts should be geared toward revitalization of communities on several fronts, and the impact of food environment changes may perhaps be most observable through an improvement in the socioeconomic status of a neighborhood, as well as its citizens.

#### *4.4 Limits and strengths*

Our findings show an absence of a relationship between most food environment characteristics and type II diabetes risk. However, the lack of healthy food options in a given environment ('food deserts'), is associated with greater type II diabetes risk, which may have public policy implications for diabetes prevention. One of the main strengths of our study is due to its large sample size as well as a representative study group in 6 major metropolitan centers of Quebec.

There are significant limitations to this study that affect the generalizability of the results. First and foremost, by the very nature of a cross sectional study design, causal inference cannot be made, and there is in fact a corollary risk of reverse causation that is inherent in the chosen study design (Savitz and Wellenius, 2022). Further research, including the incorporation of sensitivity analyses, can reinforce the validity of the conclusions drawn from our research.

There are other limitations that are direct consequences of the chosen research design, including the data set and the study population. The CARTaGENE participants, on a whole, had a slightly higher average age as well as educational status when compared to the general Canadian population within and outside of Quebec. Furthermore, the usage of a subsample of study participants, i.e., those that provided geographic domiciliary information further could have led to a potential selection bias.

Furthermore, the diabetes status of patients was based on an auto-declaration, much like fruit and vegetable consumption. As a result, there is inherent recall bias that must be acknowledged in any discussion of the research findings of this study. Furthermore, whereas geographic aspects of a food environment were well-examined (accessibility to food options measures), individual dietary habits were not. The proxy of 'healthy' food consumption was fruit and vegetable consumption. There was no measure of 'unhealthy' food consumption, nor was there a more complete, qualitative description of a patient's eating habits or dietary choices. For instance, certain dietary regiments including the Mediterranean diet or other dietary habits including intermittent fasting, were not captured and could putatively have an impact on type II diabetes risk (Hu, Van Dam, and Liu, 2001). This myopic view of dietary habits and food consumption profiles is a truly important limitation of our study. Indeed, the usage of a more

comprehensive dietary habits questionnaire, for instance as employed in the Canadian healthy eating index, could have allowed for a more nuanced analysis of the linkages between dietary habits and type II diabetes risk on an individual level (Kirkpatrick et al., 2014).

Another important limitation of the study is that food environment was studied based on participants' residence address. Working adults often spend a significant portion of their time at alternative addresses which may or may not be within the same neighborhood of their residence. For instance, work addresses were not studied in this analysis. To more clearly understand the linkage between food environment and diet, it would be preferable to include a more comprehensive analysis of the totality of food environments an individual subject maybe exposed to.

Notwithstanding the acknowledged limitations of this study, our study is novel insofar as it offers a unique perspective on the role of individual and environmental factors on type II diabetes risk. The examination of covariates at both an individual patient level as well as at an environmental level allows us to delve deeper into the pertinent question of dissecting the factors that influence chronic disease development. Not only is this the first kind of its nature in Quebec, this study sheds light on an important question and can influence the development of public policy insofar as efforts to reduce chronic disease burden are concerned. Further research would be needed to better understand the role of food environment factors on type II diabetes risk. Such further studies can eventually inform public health efforts toward improvement of environmental risk factors for type II diabetes.

## 5. Conclusions

This study's objective was to evaluate the association between the food environment and type II diabetes risk at the individual level in the Quebec context. Our results showed that inasmuch as food environment factors showed an association with type II diabetes risk, this association, in most cases, failed to reach statistical significance. Type II diabetes is associated with significant public health burden both worldwide and in Canada. In this cross-sectional study of 8405 adult participants across 6 metropolitan regions of Quebec, Canada, we studied the role of individual patient characteristics as well as fruit and vegetable consumption, and food environment factors, independently and collectively, on type II diabetes risk. We found that among individual patient characteristics, age and BMI were positive, significant predictors of type II diabetes risk. Similarly, income, educational background, and combined FVI were negative predictors of type II diabetes risk, with revenue being a strong, statistically significant negative predictor of type II diabetes.

Among food environment factors, proximity to food stores, closest convenient stores, and closest fast-food restaurants (first quartiles in each category), were each positively associated with type II diabetes status. However, only residing in the 3<sup>rd</sup> quartile of distance to closest food commerce and 2<sup>nd</sup> quartile of distance to closest convenience store were each associated with significantly higher risk of type II diabetes status. In contrast, the material deprivation index of a neighborhood (based on standardized neighborhood socioeconomic indicators of income, education and employment) (Gamache, 2019) were positively associated with type II diabetes risk. This risk achieved significance in the last quartile of the index. Furthermore, residing in a food desert was a significant positive predictor of type II diabetes status. Although further research is

needed, our results suggest that public health efforts to curb the prevalence and incidence of type II diabetes should concomitantly address individual risk factors as well as pertinent aspects of the food environment, along with neighborhood socioeconomic indicators.

## Chapitre 5 - Discussion

Notre étude portant sur 8405 participants adultes dans 6 régions métropolitaines du Québec a étudié le rôle des caractéristiques individuelles des patients ainsi que la consommation de fruits et légumes et les facteurs de l'environnement alimentaire, indépendamment et collectivement, sur le risque de diabète de type II. Les caractéristiques de base de la population de patients ainsi que les caractéristiques de voisinage des participants à l'étude étaient largement comparables.

### **Caractéristiques de la population étudiée**

Nonobstant qu'il existe une comparabilité globale entre les caractéristiques de la population à l'étude et les deux cohortes de sous-population, les analyses descriptives montrent de façon intéressante des différences saillantes entre les deux cohortes de sous-population selon l'emploi et le niveau de scolarité. Plus précisément, la cohorte de personnes diabétiques affichait des taux de chômage significativement plus élevés, et plus particulièrement des taux de chômage plus élevés en raison d'une maladie ou d'une incapacité. Ce chômage lié à l'incapacité peut refléter putativement la morbidité associée au diabète de type II et ses conséquences. Le niveau de scolarité diffère considérablement entre les deux groupes, la cohorte de personnes diabétiques ayant en général des études supérieures en moindre proportion que les cohortes non-diabétiques. Les tranches salariales moyennes étaient également plus élevées chez les patients non-diabétiques. Fait intéressant, dans les modèles univariés et multivariés, les revenus ont eu un impact protecteur sur le diabète de type II. Cependant, le niveau de scolarité ne semblait pas corrélé de manière significative avec le statut de diabète de type II. Cela donne à penser qu'il y a une composante non négligeable du statut socioéconomique en tant que facteur



de risque du diabète de type II, les revenus jouant le rôle le plus important dans la prévision du risque de maladie.

### **Variables de l'environnement alimentaire et risque de diabète de type II**

Une autre observation intéressante était que la consommation combinée de fruits et de légumes a été associée à une réduction légère, mais significative du risque de diabète de type II seulement une fois examiné dans le modèle bivarié. Dans toutes les analyses multivariées, la consommation de fruits et de légumes n'a pas corrélé de manière significative avec le statut de diabète de type II. De plus, aucun modèle n'a montré d'association statistiquement significative cohérente (sur plusieurs quartiles) entre les distances et : a) le commerce alimentaire le plus proche ; ou b) le dépanneur le plus proche ; ou c) le détaillant de restauration rapide le plus proche sur le statut de diabète de type II, bien que la proximité de ces points de vente d'aliments ait été légèrement associée positivement (mais n'a pas atteint la signification statistique) avec le statut de diabète de type II. Le fait de résider dans le 3<sup>e</sup> quartile de distance jusqu'au commerce alimentaire le plus proche et dans le 2<sup>e</sup> quartile de distance jusqu'au dépanneur le plus proche étaient chacun associés à un risque significativement plus élevé de diabète de type II, un résultat qui semble contre-intuitif à première vue et mérite une attention accrue.

Plus précisément, un examen plus approfondi des résultats présentés dans le tableau 2 montre toutefois une tendance intéressante en ce qui concerne l'impact de la distance par rapport au commerce alimentaire le plus proche et au dépanneur le plus proche. En particulier, les participants qui résidaient dans des régions très proches des dépanneurs présentaient un risque significativement plus élevé de diabète de type II. Ce résultat est conforme à celui de Mezuk et coll. (2015), où une corrélation entre l'accès relatif à des aliments malsains et la

prévalence du diabète a été établie dans une population suédoise. La distance par rapport au commerce alimentaire le plus proche, qui comprend les épiceries, les supermarchés et les marchés publics, était positivement corrélée avec le statut de diabète de type II chez les participants résidant dans le troisième quartile. Cela suggère que le fait de résider plus loin des points de vente d'aliments sains est en effet un facteur de risque pour le diabète de type II.

En outre, l'indice de défavorisation matérielle d'un quartier géographique donné a été positivement corrélé avec le risque de diabète de type II, et les quartiers avec l'indice de défavorisation le plus élevé ont eu un risque accru statistiquement significatif de diabète de type II parmi leur population de patients. Fait intéressant, nos résultats montrent que le fait de résider dans un désert alimentaire, opérationnalisé comme résidant dans un quartier avec une absence littérale d'accès à des sources d'aliments sains (supermarchés et/ou épiceries), était un prédicteur significatif du risque de diabète de type II, même en tenant compte de facteurs individuels tels que l'âge, le sexe, le revenu, le statut de scolarité et les habitudes alimentaires.

### **Signification des résultats**

Nos résultats sont significatifs dans la mesure où ils ajoutent à la base de connaissances sur le rôle des facteurs géographiques et environnementaux d'un quartier, et en particulier, le rôle de l'environnement alimentaire sur le risque de diabète de type II. La recherche existante s'est souvent concentrée sur l'obésité, avec peu de preuves sur l'association des facteurs environnementaux sur d'autres facteurs de risque cardiovasculaire (Cobb et al., 2015 ; Engler-Stringer et coll., 2014 ; Gamba et coll., 2015). De plus, nous ajoutons à la base de connaissances la démonstration que le fait de résider dans une zone où l'on a une inaccessibilité complète aux options alimentaires saines (c.-à-d. un « désert alimentaire ») est un prédicteur significatif positif

du risque de diabète de type II, indépendamment des facteurs individuels. Ce résultat s'ajoute à la littérature sur le rôle des déserts alimentaires sur les maladies chroniques (Minaker et al., 2016 ; Hager et coll., 2017 ; Santé Canada, 2014).

En outre, il y a un manque relatif de preuves du rôle de l'alimentation sur les maladies chroniques, en particulier le diabète de type II, dans le contexte québécois. Cette étude contribue de manière significative à la littérature en étudiant cette relation dans une vaste cohorte de résidents vivant dans 6 régions métropolitaines du Québec, même si la majorité des variables de l'environnement alimentaire n'ont pas eu d'impact observable significatif sur le diabète de type II.

Mezuk et coll. (2015) ont étudié le lien entre l'accès à des sources d'aliments malsains et le diabète, en se fondant sur le registre national suédois de 4 718 583 adultes résidant dans plus de 9 5353 zones résidentielles différentes. Ces chercheurs ont démontré une corrélation entre l'accès relatif aux sources d'aliments malsains et l'incidence et la prévalence du diabète. La probabilité de développer le diabète était la plus élevée dans les secteurs où un tiers des points de vente sont nocifs pour la santé. Comparativement aux personnes dont l'environnement alimentaire n'a pas changé, celles qui ont déménagé dans des régions où les magasins d'alimentation sont considérés comme plus nocifs pour la santé (dépanneurs, restaurants-minute, bars et pubs) présentaient des probabilités plus élevées de développer le diabète (RC = 3,67; IC à 95 % : 2,14, 6,30). Parmi ceux qui n'ont pas déménagé, le fait de vivre dans une région où les aliments malsains sont plus accessibles était également associé à une probabilité plus élevée de diabète (RC = 1,72; IC à 95 % : 1,27, 2,33). Ces résultats suggèrent que l'environnement alimentaire local, y compris les changements dynamiques dans un tel environnement entraînant un accès plus facile à des choix alimentaires malsains, a été associé au diabète de type II.

Nos résultats concordent avec ceux de Mezuk et coll. (2015) dans la mesure où nous avons constaté que le fait de résider à proximité de dépanneurs (vraisemblablement des points de vente d'aliments malsains) était significativement associé au diabète de type II. De plus, le fait de résider dans le troisième quartile (distance plus loin) par rapport aux points de vente d'aliments sains (supermarchés, épiceries et marchés publics) était également associé à un risque plus élevé de diabète de type II. Comme Mezuk, nous constatons également que certains aspects de l'environnement alimentaire local peuvent avoir une association avec le diabète de type II.

Bodicoat et coll. (2014) ont étudié la relation entre le nombre d'établissements de restauration rapide dans le quartier d'origine d'une personne et la prévalence du diabète et des facteurs de risque connexes, y compris l'obésité. Au total, 10 461 participants (59 ans en moyenne ; 53 % d'hommes ; 21 % de non-blancs) ont participé à trois études de dépistage du diabète au Royaume-Uni (une étude sur la population générale, deux études de population à haut risque) menées en 2004 et 2011. Les résultats montrent qu'il y avait un plus grand nombre de points de restauration rapide dans un quartier donné (rayon de 500 m du code postal du ménage) avec une prédominance dans les zones socialement défavorisées ( $p < 0.001$ ). Après ajustement pour tenir compte des variables de contrôle, les auteurs ont constaté qu'un plus grand nombre de restaurants-minute dans un quartier étaient associés à un risque accru, quoique très faible, de diabète (RC = 1,02; IC à 95 % : 1,00, 1,04) et d'obésité (RC = 1,02; IC à 95 % : 1,00, 1,03). Sarkar et coll. (2018) ont étudié le lien entre l'environnement alimentaire et le diabète de type II à l'aide de données transversales au Royaume-Uni (plus de 340 000 participants). Les auteurs ont conclu que la densité des sources d'aliments malsains (dépanneurs, restaurants-minute et aliments pré-

préparés) était associée positivement au statut diabétique des participants à l'étude, même en tenant compte des variables confusionnelles.

Contrairement à Bodicoat et coll. (2014) et Sarkar et coll. (2018), nos résultats n'ont pas montré d'association significative entre la densité des points de vente d'aliments (sains et malsains) sur le diabète de type II. Nos constatations n'excluent pas l'existence de telles associations, mais nous n'avons pas été en mesure d'établir une telle relation dans nos analyses. Ensemble, nos résultats montrent que même si la plupart des variables de l'environnement alimentaire n'étaient pas significativement associées au diabète de type II, les indicateurs socioéconomiques individuels et communautaires l'étaient. De plus, la façon dont les variables de l'environnement alimentaire ont été opérationnalisées et la taille des zones tampons différait dans notre étude par rapport à certaines d'autres études, et il est possible que ces différences analytiques expliquent la disparité des résultats. Par exemple, Bodicoat et coll. ont trouvé une association faible, mais statistiquement significative, entre la présence d'un plus grand nombre de restaurants-minute dans un quartier et un risque accru de diabète (RC = 1,02 ; IC à 95 % : 1,00, 1,04). Bodicoat, cependant, a limité leur analyse au nombre de magasins de restauration rapide dans un rayon de 500 m du code postal du ménage alors que notre analyse était à la marque de 1 km. Notre justification de l'utilisation de 1 km pour tous les indicateurs devait être conforme aux recommandations de l'APHEO (Mahendra et coll., 2017). Cette distance, qui est d'environ 15 minutes à pied, a été jugée appropriée pour nos ménages principalement urbains (Lytle et Sokol, 2017).

Bien qu'ils ne soient pas directement étudiés dans ce projet de recherche, la défavorisation d'un quartier pourrait possiblement affecter l'impact des facteurs de

l'environnement alimentaire et leur association avec le risque de diabète de type II. Bien que d'autres recherches soient nécessaires, cela signifierait que les efforts de santé publique devraient être orientés vers la revitalisation des communautés sur plusieurs fronts, et l'impact des changements de l'environnement alimentaire est peut-être le plus observable grâce à une amélioration du statut socio-économique d'un quartier, ainsi que de ses citoyens.

### **Limites et points forts**

Nos résultats montrent une absence de relation entre la plupart des caractéristiques de l'environnement alimentaire et le risque de diabète de type II. Cependant, l'absence d'options alimentaires saines dans un environnement donné (« déserts alimentaires ») est associée à un risque accru de diabète de type II, ce qui peut avoir des implications de politique publique pour la prévention du diabète. L'une des principales forces de notre étude est due à sa grande taille d'échantillon ainsi qu'à un groupe d'étude représentatif dans 6 grands centres métropolitains du Québec.

Cette étude comporte des limites importantes qui affectent la généralisabilité des résultats. D'abord et avant tout, par la nature même d'un plan d'étude transversale, il n'est pas possible de faire une inférence causale, et il existe en fait un risque corollaire de causalité inverse inhérent au plan d'étude choisi (Savitz et Wellenius, 2022). D'autres recherches, y compris l'intégration d'analyses de sensibilité, peuvent renforcer la validité des conclusions tirées de notre recherche.

Il existe d'autres limites qui sont des conséquences directes du devis de recherche choisi, y compris l'ensemble de données et la population à l'étude. Dans l'ensemble, les participants à CARTaGENE avaient un âge moyen et un niveau de scolarité légèrement supérieurs à ceux de la

population canadienne en général à l'intérieur et à l'extérieur du Québec. De plus, l'utilisation d'un sous-échantillon de participants à l'étude, c'est-à-dire ceux qui ont fourni des renseignements géographiques à domicile, aurait pu entraîner un biais de sélection potentiel.

En outre, le statut de diabète des participants a été basé sur une auto-déclaration, un peu comme la consommation de fruits et légumes. Par conséquent, il existe un biais de rappel inhérent qui doit être reconnu dans toute discussion sur les résultats de recherche de cette étude. De plus, alors que les aspects géographiques d'un environnement alimentaire ont été bien examinés (mesures de l'accessibilité aux options alimentaires), les habitudes alimentaires individuelles ne l'ont pas été. L'approximation de la consommation d'aliments « sains » était la consommation de fruits et de légumes. Il n'y avait aucune mesure de la consommation d'aliments « malsains », et il n'y avait pas non plus de description plus complète et qualitative des habitudes alimentaires ou des choix alimentaires d'un patient. Par exemple, certains régimes alimentaires, y compris le régime méditerranéen ou d'autres habitudes alimentaires, y compris le jeûne intermittent, n'ont pas été capturés et pourraient avoir un impact putatif sur le risque de diabète de type II (Hu, Van Dam et Liu, 2001). Cette vision myope des habitudes alimentaires et des profils de consommation alimentaire est une limitation vraiment importante de notre étude. En effet, l'utilisation d'un questionnaire plus complet sur les habitudes alimentaires, par exemple tel qu'il est utilisé dans l'indice canadien de saine alimentation, aurait pu permettre une analyse plus nuancée des liens entre les habitudes alimentaires et le risque de diabète de type II à l'échelle individuelle (Kirkpatrick et coll., 2014).

Une autre limite importante de l'étude est que l'environnement alimentaire a été étudié en fonction de l'adresse de résidence des participants. Les adultes qui travaillent passent souvent

une partie importante de leur temps à d'autres adresses qui peuvent ou non se trouvent dans le même quartier de leur résidence. Par exemple, les adresses de travail n'ont pas été étudiées dans cette analyse. Pour mieux comprendre le lien entre l'environnement alimentaire et l'alimentation, il serait mieux d'inclure une analyse plus complète de l'ensemble des environnements alimentaires aux lesquels un sujet individuel peut être exposé.

Malgré les limites reconnues de cette étude, notre étude est novatrice dans la mesure où elle offre une perspective unique sur le rôle des facteurs individuels et environnementaux sur le risque de diabète de type II. L'examen des covariables à la fois au niveau individuel du patient et au niveau environnemental nous permet d'approfondir la question pertinente de la dissection des facteurs qui influencent le développement des maladies chroniques. Non seulement c'est le premier type de sa nature au Québec, mais cette étude met en lumière une question importante et peut influencer l'élaboration des politiques publiques en ce qui concerne les efforts visant à réduire le fardeau des maladies chroniques. D'autres recherches seraient nécessaires pour mieux comprendre le rôle des facteurs de l'environnement alimentaire sur le risque de diabète de type II. De telles autres études peuvent éventuellement éclairer les efforts de santé publique vers l'amélioration des facteurs de risque environnementaux pour le diabète de type II.



## Chapitre 6 - Conclusion

Le diabète de type II est associé à un important fardeau pour la santé publique, tant dans le monde qu'au Canada. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'association entre l'environnement alimentaire et le risque de diabète de type II au niveau individuel dans le contexte québécois. Nos résultats ont montré que, dans la mesure où les facteurs de l'environnement alimentaire ont montré une association avec le risque de diabète de type II, cette association, dans la plupart des cas, n'a pas atteint la signification statistique. Dans cette étude transversale menée auprès de 8405 participants adultes dans 6 régions métropolitaines du Québec, nous avons étudié le rôle des caractéristiques individuelles des patients ainsi que la consommation de fruits et légumes, et les facteurs de l'environnement alimentaire, indépendamment et collectivement, sur le risque de diabète de type II. Nous avons constaté que parmi les caractéristiques individuelles des patients, l'âge et l'IMC étaient des prédicteurs positifs et significatifs du risque de diabète de type II. De même, le revenu, les antécédents scolaires et la consommation combinée de fruits et légumes étaient des prédicteurs négatifs du risque de diabète de type II, les revenus étant un prédicteur négatif fort et statistiquement significatif du diabète de type II.

Parmi les facteurs liés à l'environnement alimentaire, la proximité des magasins d'alimentation, des dépanneurs les plus proches et des restaurants-minute les plus proches (premiers quartiles de chaque catégorie) étaient chacun positivement associés au diabète de type II. Toutefois, le fait de ne résider que dans le 3<sup>e</sup> quartile de distance jusqu'au commerce alimentaire le plus proche et dans le 2<sup>e</sup> quartile de la distance jusqu'au dépanneur le plus proche était associé à un risque significativement plus élevé de diabète de type II. En revanche, l'indice

de défavorisation matérielle d'un quartier (basé sur des indicateurs socioéconomiques normalisés du revenu, de l'éducation et de l'emploi du quartier) (Gamache, 2019) était positivement associé au risque de diabète de type II. Ce risque a atteint une importance dans le dernier quartile de l'indice. En outre, le fait de résider dans un désert alimentaire était un prédicteur positif significatif du statut de diabète de type II. Bien que d'autres recherches soient nécessaires, les résultats suggèrent que les efforts de santé publique pour freiner la prévalence et l'incidence du diabète de type II devraient simultanément aborder les facteurs de risque individuels ainsi que les aspects pertinents de l'environnement alimentaire et les indicateurs socioéconomiques du quartier.

## Références

- Anand, S. S., Hawkes, C., De Souza, R. J., Mente, A., Dehghan., Nugent, R., Zulyaniak, M. A., Weis, T., Bernstein, A. M., Krauss, R. M., Kromhout, D., Jenkins, D. J. A., Malik, V., Martinez-Gonzalez, M. A., Mozaffarian, D., Yusuf, S., Willett, W. C. et Popkin, B. M. (2015). Food consumption and its impact on cardiovascular disease: importance of solutions focused on the globalized food system: a report from the workshop convened by the World Heart Federation. *Journal of the American College of Cardiology*, 66(14), 1590-1614
- Andrews, M. R., Ayers, C., Ceasar, J., Claudel, S., Das, S., Neeland, I., Tamura, K. et Powell-Wiley, T. (2018). Abstract P322 : The relationship between neighborhood food environment and adiposity measures: Data from the dallas heart study. *Data from the Dallas Heart Study, Circulation*, 137, AP322.
- Auchincloss, A. H., Roux, A. V. D., Mujahid, M. S., Shen, M., Bertoni, A. G. et Carnethon, M. R. (2009). Neighborhood resources for physical and healthy foods and incidence of type 2 diabetes mellitus: The Multi-Ethnic study of Atherosclerosis. *Archives of internal medicine*, 169(18), 1698-1704
- Awadalla, P., Boileau, C., Payette, Y., Idaghdour, Y., Goulet, J. P., Knoppers, B., Hamet, B. et Laberge, C. (2013). Cohort profile of the CARTaGENE study: Quebec's population-based biobank for public health and personalized genomics. *International Journal of Epidemiology*, 42, 1285-1299
- Babey, S. H, Diamant, A. L, Hastert, T. A, Harvey, S., et al., E. (2008). Designed for Disease: The Link Between Local Food Environments and Obesity and Diabetes. *UCLA: Center for Health Policy Research*. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/7sf9t5wx>
- Beaulac, C., Moon, G. et Baird, J. (2009). Peer reviewed: A systematic review of food deserts, 1966-2007. *Preventing chronic disease*, 6(3), 1-10
- Black, C., Moon, G. et Baird, J. (2014). Dietary inequalities: what is the evidence for the effect of

the neighborhood food environment?. *Health & place*, 27, 229-242

Blanchard, T. C. et Matthews, T. L. (2007). Retail concentration, food deserts, and food-disadvantaged communities in rural America. Lincoln : University of Nebraska Press. *Remaking the North America food system*, 201-215

Bodicoat, D. H., Carter, P., Comber, A., Edwardson, C., Gray, L. J., Hill, S., Webb, D., Yates, T., Davies, M. J., & Khunti, K. (2015). Is the number of fast-food outlets in the neighbourhood related to screen-detected type 2 diabetes mellitus and associated risk factors? *Public Health Nutrition*, 18(9), 1698–1705. <https://doi.org/10.1017/S1368980014002316>

Bound, J., Brown, C. et Mathiowetz, N. (2001). Measurement error in survey data. *Handbook of econometrics* (vol. 5). Elsevier.

Breskin, A., Westreich, D., Cole, S. R. et Edwards, J. K. (2019). Using bounds to compare the strength of exchangeability assumptions for internal and external validity. *American Journal Epidemiol*, 188(7), 1355-1360. Doi:10.1093/aje/kwz060

Calling, S., Li, X., Kawakami, N., Hamano, T. et Sundquist, K. (2016). Impact of neighborhood resources on cardiovascular disease: a nationwide six-year follow-up. *BMC public health*, 16(1), 634.

Campbell, D. T., Stanley, J. C. et Gage, N. L. (1963). Experimental and quasi-experimental designs for research. *Handbook of Research of Teaching*. McNally.

Carlos HA, Shi X, Sargent J, Tanski S, Berke EM. Density estimation and adaptive bandwidths: a primer for public health practitioners. *International journal of health geographics*. 2010;9:39-.

CARTaGENE. (2016). *CARTaGENE : une nouvelle ère de recherche. Une plateforme publique visant à accélérer la recherche en santé*. <https://www.cartagene.qc.ca/fr/accueil>

Caspi, C. E., Lopez, A. M. et Nanney, M. S. (2016). Geographic access to food shelves among racial/ethnic minorities and foreign-born residents in the Twin cities, Minnesota. *Journal*

*of hunger & environmental nutrition, 11(1), 29-44*

Charreire, H., Casey, R., Salze, P., Simon, C., Chaix, B., Banos, A., Badariotti, D., Weber, C. et Oppert, J-M. (2010). Measuring the food environment using geographical information systems: a methodological review. *Public health nutrition, 13(11), 1773-1785*

Chatterjee, S., Khunti, K., & Davies, M. J. (2017). Type 2 diabetes. *The lancet, 389(10085), 2239-2251.*

Chen, T. et Gregg, E. (2017, 18 octobre). *Déserts et marais alimentaires : une introduction*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. [https://ccnse.ca/sites/default/files/Deserts\\_et\\_marais\\_alimentaires\\_introduction\\_oct\\_2017.pdf](https://ccnse.ca/sites/default/files/Deserts_et_marais_alimentaires_introduction_oct_2017.pdf)

Chen, X. et Clark, J. (2013). Interactive three-dimensional geovisualization of space-time access to food. *Applied Geography, 43, 81-86*

Clary, C., Lewis, D. J., Flint, E., Smith, N. R., Kestens, Y. et Cummins, S. (2016). The local food environment and fruit and vegetable intake: a geographically weighted regression approach in the ORiEL Study. *American journal of epidemiology, 184(11), 837-846*

Cobb, L. K., Appel, L. J., Franco, M., Jones-Smith, J. C., Nur, A. et Anderson, C. A. (2015). The relationship of the local food environment with obesity: a systematic review of methods, study quality, and results. *Obesity, 23(7), 1331-1344*

Cooksey-Stowers, K., Schwartz, M. B. et Brownell, K. D. (2017). Food swamps predict obesity rates better than food deserts in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 14, 1366*

Cummins, S., Flint, E. et Matthews, S. A. (2014). New neighborhood grocery store increased awareness of food access but did not alter dietary habits or obesity. *Health affairs, 33(2), 283-291*

Cummins, S. (2007). Neighbourhood food environment and diet: time for improved conceptual

- models?. *Preventive medicine*, 44(3), 196-197.
- De Menezes, M. C., Roux, A. V. D. et Lopes, A. C. S. (2018). Fruit and vegetable intake: Influence of perceived food environment and self-efficacy. *Appetite*, 127, 249-256
- Drewnowski, A., Moudon, A. V., Jiao, J., Aggarwal, A., Charreire, H. et Chaix, B. (2014). Food environment and socioeconomic status influence obesity rates in Seattle and in Paris. *International journal of Obesity*, 38(2), 306-314
- Dubowitz, T., Ghosh-Dastidar, M., Eibner, C., Slaughter, M. E., Fernandes, M., Whitsel, E. A., Bird, C. E., Jewell, A., Margolis, K. L., Li, W., Michael, Y. L., Shih, R. A., Manson, J. E. et Escarre, J. J. (2012). The women's health initiative: The food environment, neighborhood socioeconomic status, BMI, and blood pressure. *Obesity*, 20(4), 862-871
- Dubowitz, T., Zenk, S. N., Ghosh-Dastidar, B., Cohen, D. A., Beckman, R., Hunter, G., Steiner, E. D. et Collins, R. L. (2015). Healthy food access for urban food desert residents: examination of the food environment, food purchasing practices, diet and BMI. *Public health nutrition*, 18(2), 2220-2230
- Dunn, R. A. (2010). The effect of fast-food availability on obesity: an analysis by gender, race, and residential location. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(4), 1149-1164
- Dunn, R. A., Sharkey, J. R. et Horel, S. (2012). The effect of fast-food availability on fast-food consumption and obesity among rural residents: an analysis by race/ethnicity. *Economics & Human Biology*, 10(1), 1-13
- Dunn, R. A., Sharkey, J. R., Lotade-Manje, J., Bouhlal, Y. et Nayga, R. M. (2011). Socio-economic status, racial composition and the affordability of fresh fruits and vegetables in neighborhoods of a large rural region in Texas. *Nutrition Journal*, 10(1), 6
- Elbel, B., Moran, A., Dixon, L. B., Kiszko, K., Cantor, J., Abrams, C. et Mijanovich, T. (2015). Assessment of a government-subsidized supermarket in a high-need area on household food availability and children's dietary intakes. *Public health nutrition*, 18(15), 2881-2890

- Engler-Stringer, R., Le, H., Gerrard, A. et Muhajarine, N. (2014). The community and consumer food environment and children's diet: A systematic review. *BMC Public health*, *14*, 522
- Fleischhacker, S. E., Evenson, K. R., Rodriguez, D. A. et Ammerman, A. S. (2011). A systematic review of fast food access studies. *Obesity reviews*, *12*(5), e460-e471
- Forouhi, N. G., Misra, A., Mohan, V., Taylor, R., et Yancy, W. (2018). Dietary and nutritional approaches for prevention and management of type 2 diabetes. *BMJ*, *361*.
- Frankenfeld, C. L., Leslie, T. F., & Makara, M. A. (2015). Diabetes, obesity, and recommended fruit and vegetable consumption in relation to food environment sub-types: a cross-sectional analysis of Behavioral Risk Factor Surveillance System, United States Census, and food establishment data. *BMC Public Health*, *15*(1), 491. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1819-x>
- Gamache P, Hamel D, Blasser C. Maternal and social deprivation index: A summary. Institut national de santé publique du Québec.; 2019.
- Gamba, R. J., Schuchter, J., Rutt, C. et Seto, E. Y. W. (2015). Measuring the food environment and its effects on obesity in the United States: A systematic review of methods and results. *Journal of Community Health*, *40*, 464-475
- Gibson, D. M. (2011). The neighborhood food environment and adult weight status estimates from longitudinal data. *American journal of public health*, *101*(1), 71-78
- Glanz, K., Sallis, J., Saelens, B. E. et Frank, L. D. (2005). Healthy nutrition environments : Concepts and measures. *American Journal of Health Promotion*, *19*, 330-333
- Gordon-Larsen, P. (2014). Food availability/convenience and obesity. *Advances in nutrition*, *5*(6), 809-817
- Goupil, R., Dupuis, D., Troyanov, S., Madore, F. et Agharazii, M. (2016). Heart rate dependent and independent effects of beta-blockers on central hemodynamic parameters: A propensity score analysis. *Journal of Hypertension*, *34*, 1535-1543

- Greer, S., Schieb, L., Schwartz, G., Onufrak, S., & Park, S.. (2014). Association of the Neighborhood Retail Food Environment with Sodium and Potassium Intake Among US Adults. *Preventing Chronic Disease*, 11. <https://doi.org/10.5888/pcd11.130340>
- Hager, E. R., Cockerham, A., O'Reilly, N., Harrington, D., Harding, J., Hurley, K. M. et Blanc, M. M. (2017). Food swamps and food deserts in Baltimore City, MD, USA: Associations with dietary behaviours among urban adolescent girls. *Public Health Nutrition*, 20, 2598-2607
- Hemphill, E., Raine, K., Spence, J. C. et Smoyer-Tomic, K. E. (2008). Exploring obesogenic food environments in Edmonton, Canada: The association between socioeconomic factors and fast-food outlet access. *American Journal of Health Promotion*, 22, 426-432
- Hu, F. B., Van Dam, R. M., & Liu, S. (2001). Diet and risk of type II diabetes: the role of types of fat and carbohydrate. *Diabetologia*, 44(7), 805-817.
- Hystad, P., Payette, Y., Noisel, N. et Boileau, C. (2019). Green space associations with mental health and cognitive function. *Environmental Epidemiology*, 3, e040
- Institut de la statistique du Québec. (2011). *Conditions de vie : Portrait social du Québec, données et analyses*. <https://statistique.quebec.ca/statistiques/conditions-vie-societe/portrait-%20social2010.pdf#page=65>.
- Institut national de santé publique du Québec. (2020). <https://www.inspq.qc.ca/recherche>
- Institute for Health and Evaluation. (2016). *Global Burden of Disease (GBD)*. <http://www.healthdata.org/gbd/2019>
- Kawakami, N., Li, X., & Sundquist, K. (2011). Health-promoting and health-damaging neighbourhood resources and coronary heart disease: a follow-up study of 2 165 000 people. *J Epidemiol Community Health*, 65(10), 866-872.
- Kelli, H. M., Hammadah, M., Ahmed, H., Ko, Y. A., Topel, M., Samman-Tahhan, A., Awad, M., Patel, K., Mohammed, K., Sperling, L. S., Pemu, P., Vaccarino, V., Lewis, T., Taylor, H., Martin, G., Gibbons, G. H. et Quyyumi, A. A. (2017). Association between living in food deserts and



cardiovascular risk. *Circulation : Cardiovascular Quality and Outcomes*, 10(9), e003532

Kirkpatrick, S. I., Reedy, J., Butler, E. N., Dodd, K. W., Subar, A. F., Thompson, F. E., & McKinnon, R. A. (2014). Dietary assessment in food environment research: a systematic review. *American journal of preventive medicine*, 46(1), 94-102.

Lalonde B, Robitaille É. L'environnement bâti autour des écoles et les habitudes de vie des jeunes ; État des connaissances et portrait du Québec. In: Institut national de santé publique du Québec, editor. : Government of Quebec; 2014. p. 63.

Lamichhane, A. P., Mayer-Davis, E. J., Puett, R., Bottai, M., Porter, D. E., & Liese, A. D. (2012). Associations of Built Food Environment with Dietary Intake among Youth with Diabetes. *Journal of Nutrition Education & Behavior*, 44(3), 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2011.08.003>

Larson, N. I., Story, M. T. et Nelson, M. C. (2009). Neighborhood environments: disparities in access to healthy foods in the US. *American journal of preventive medicine*, 36(1), 74-81

Lytle, L. A. et Sokol, R. L. (2017). Measures of the food environment: A systematic review of the field, 2007–2015. *Health & place*, 44, 18-34.

Macdonald, L., Cummins, S., & Macintyre, S. (2007). Neighbourhood fast food environment and area deprivation—substitution or concentration?. *Appetite*, 49(1), 251-254.

Macintyre, S. (2007). Deprivation amplification revisited ; or, is it always true that poorer places have poorer access to resources for healthy diets and physical activity?. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 4(1), 1-7.

Mahendra, A., Polsky, J. Y., Robitaille, É., Lefebvre, M., McBrien, T., et Minaker, L. M. (2017). Status report - Geographic retail food environment measures for use in public health. Rapport d'étape - Indicateurs géographiques de l'environnement alimentaire de la vente au détail pour l'intervention en santé publique. *Health promotion and chronic disease prevention in Canada : research, policy and practice*, 37(10), 357–362.

<https://doi.org/10.24095/hpcdp.37.10.06>

- McInerney, M., Csizmadi, I., Friedenreich, C. M., Uribe, F. A.M., Nettel-Aguirre, A., McLaren, L., Potestio, M., Sandalack, B. et McCormack, G. R. (2016). Associations between the neighbourhood food environment, neighbourhood socioeconomic status, and diet quality: An observational study. *BMC public health*, 16(1), 984
- McKinnon, R. A., Reedy, J., Morriessette, A. A., Lytle, L. A. et Yaroch, A. L. (2009). Measures of the food environment: a compilation of the literature, 1990-2007. *American journal of preventive medicine*, 36(4), S124-S133
- Menezes, M. C., Costa, B. V. L., Oliveira, C. D. L. et Lopes, A. C. S. (2017). Local food environment and fruit and vegetables consumption: an ecological study. *Preventive medicine reports*, 5, 13-20
- Mezuk, B., Xinjun Li, Cederin, K., Rice, K., Sundquist, J., & Sundquist, K. (2016). Beyond Access: Characteristics of the Food Environment and Risk of Diabetes. *American Journal of Epidemiology*, 183(12), 1129–1137. <https://doi.org/10.1093/aje/kwv318>
- Minaker, L. M., Shuh, A., Olstad, D. L., Engler-Stringer, R., Black, J. L. et Mah, C. L. (2016). Retail food environments research in Canada: A scoping review. *Canadian Journal of Public Health-Revue Canadienne de santé publique*, 107, ES4-ES13
- Ministère de l’Agriculture des Pêcheries et de l’Alimentation. (2011). *Guide : Demande de permis de restauration et de vente au détail*. [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Restauration/md/Formulaires/Pages/permisresto\\_statique.aspx](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Restauration/md/Formulaires/Pages/permisresto_statique.aspx)
- Ministère de la Santé et des Services Sociaux. (2015). « Programme national de santé publique 2015-2025 », (repéré le 5 janvier 2016). Plan d’action interministériel, Politique gouvernementale de prévention en santé, [en ligne], Québec, Gouvernement du Québec.

<https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2015/15-216-01W.pdf>

Ministère de la Santé et des Services Sociaux. (2017). « Programme national de santé publique 2017-2021 », Plan d'action interministériel, Politique gouvernementale de prévention en santé, [en ligne], Québec, Gouvernement du Québec. <https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2017/17-297-02W.pdf>

Moore, L. V. et Diez Roux, A. V. (2006). Associations of neighborhood characteristics with the location and type of food stores. *American journal of public health, 96(2)*, 325-331

Morland, K. B. et Evenson, K. R. (2009). Obesity prevalence and the local food environment. *Health & place, 15(2)*, 491-495

Morland, K., Roux, A. V. D. et Wing, S. (2006). Supermarkets, other food stores, and obesity: the atherosclerosis risk in communities study. *American journal of preventive medicine, 30(4)*, 333-339

Morland, K., Wing, S. et Roux, A. D. (2002). The contextual effect of the local food environment on residents' diet: the atherosclerosis risk in communities study. *American journal of public health, 92(11)*, 1761-1768

Morton, L. W. et Blanchard, T. C. (2007). Starved for access: life in rural America's food deserts. *Rural Realities, 1(4)*, 1-10

Mozaffarian, D. (2016). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity: a comprehensive review. *Circulation, 133(2)*, 187-225

Mujahid, M. S., Roux, A. V. D., Shen, M., Gowda, D., Sánchez, B., Shea, S., ... & Jackson, S. A. (2008). Relation between neighborhood environments and obesity in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *American journal of epidemiology, 167(11)*, 1349-1357.

Penchansky, R. et Thomas, J. W. (1981). The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction. *Medical care, 127-140*

- Polsky, J. Y., Moineddin, R., Dunn, J. R., Glazier, R. H., et Booth, G. L. (2016). Absolute and relative densities of fast-food versus other restaurants in relation to weight status: Does restaurant mix matter?. *Preventive medicine, 82*, 28-34.
- Prevention CfDca. Census tract level state maps of the Modified Retail Food Environment Index (mRFEI). In: National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion; Division of nutrition paa0, editor. 2011. p. 54.
- Raine, K. D. (2005). Determinants of healthy eating in Canada: an overview and synthesis. *Canadian Journal of Public Health – Revue Canadienne de santé publique*, S8-S14
- Richardson, A. S., Meyer, K. A., Howard, A. G., Boone-Heinonen, J., Popkin, B. M., Evenson, K. R., Kiefe, C. L., Lewis, C. E. et Gordon-Larsen, P. (2014). Neighborhood socioeconomic status and food environment: a 20-year longitudinal latent class analysis among CARDIA participants. *Health & place, 30*, 145-153
- Robitaille, É. et Bergeron, P. (2013). *Accessibilité géographique aux commerces alimentaires au Québec : Analyse de situation et perspectives d'interventions. Institut national de santé publique du Québec.*  
[https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1728\\_AccessGeoCommAlimentQc.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1728_AccessGeoCommAlimentQc.pdf)
- Robitaille, É. et Paquette, M. C. (2020). Development of a method to locate deserts and food swamps following the experience of a region in Quebec, Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(10), 3359.
- Rose, D., Bodor, J. N., Hutchinson, P. L. et Swalm, C. M. (2010). The importance of a multi-dimensional approach for studying the links between food access and consumption. *The Journal of nutrition, 140*, 1170
- Roux, A. V. D. (2016). Neighborhoods and health: what do we know? What should we do?. *American journal of public health, 106*(3), 430
- Rundle, A., Neckerman, K. M., Freeman, L., Lovasi, G. S., Purciel, M., Quinn, J., Richards, C., Sircar,

- N. et Weiss, C. (2009). Neighborhood food environment and walkability predict obesity in New York City. *Environmental health perspective*, 117(3), 442-447
- Santé Canada. (2013). *Mesure de l'environnement alimentaire au Canada*. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/saine-alimentation/rapports-%20politique-nutrition/mesure-environnement-alimentaire-canada.html..html>
- Sarkar, C., Webster, C., & Gallacher, J. (2018). Are exposures to ready-to-eat food environments associated with type 2 diabetes? A cross-sectional study of 347 551 UK Biobank adult participants. *The Lancet Planetary Health*, 2(10), e438-e450.
- Savitz, D. A. et Wellenius, G. A. (2022). Can Cross-Sectional Studies Contribute to Causal Inference? It Depends. *American Journal of Epidemiology*.
- Smoyer-Tomic, K. E., Spence, J. C. et Amrhein, C. (2006). Food deserts in the Prairies? Supermarket accessibility and neighborhood need in Edmonton, Canada. *The Professional Geographer*, 58, 307-326
- Spence, J. C., Cutumisu, N., Edwards, J., Raine, K. D., et Smoyer-Tomic, K. (2009). Relation between local food environments and obesity among adults. *BMC public health*, 9(1), 1-6.
- Statistique Canada. (2014). Enquête sur la santé des communautés canadiennes. Tableau 105-0501- Profil d'indicateurs de la santé, estimations annuelles, selon le groupe d'âge et le sexe, Canada, provinces, territoires, régions sociosanitaires. <https://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/statistiques-donnees-sante-bien-etre/statistiques-de-sante-%20et-de-bien-etre-selon-le-sexe-volet-national/consommation-de-fruits-et-de-legumes/>
- Statistics Canada. Dissemination area (DA); Plain language definition 2018 [Available from: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/92-195-x/2011001/geo/da-ad/da-ad-eng.htm>].
- Steeves, E. A., Martins, P. A. et Gittelsohn, J. (2014). Changing the food environment for obesity

prevention: key gaps and future directions. *Current obesity reports*, 3(4), 451-458

Stevenson, A. C., Brazeau, A. S., Dasgupta, K. et Ross, N. A. (2019). Evidence synthesis- Neighbourhood retail outlet access, diet and body mass index in Canada: a systematic review. *Health promotion and chronic disease prevention in Canada: research, policy and practice*, 39(10), 261

Suarez, J. J., Isakova, T., Anderson, C. A., Boulware, L. E., Wolf, M. et Scialla, J. J. (2015). Food access, chronic kidney disease, and hypertension in the US. *American journal of preventive medicine*, 49(6), 912-920

Sushil, Z., Vandevijvere, S., Exeter, D. J. et Swinburn, B. (2017). Food swamps by area socioeconomic deprivation in New Zealand: A national study. *International Journal of Public Health*, 62, 869-877

Unger, E., Diez-Roux, A. V., Lloyd-Jones, D. M., Mujahid, M. S., Nettleton, J. A., Bertoni, A., Badon, s. E., Ning, H. et Allen, N. B. (2014). Association of neighborhood characteristics with cardiovascular health in the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Circulation : Cardiovascular Quality and Outcomes*, 7(4), 524-531

Ver Ploeg, M. et Wilde, P. E. (2018). How do food retail choices within and between food retail environments?. *Food policy*, 79, 300-308

Wallace, T. C., Bailey, R. L., Blumberg, J. B., Burton-Freeman, B., Chen, C. O., Crowe-White, K. M., et Wang, D. D. (2020). Fruits, vegetables, and health: A comprehensive narrative, umbrella review of the science and recommendations for enhanced public policy to improve intake. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(13), 2174-2211.

Walker, R. E., Keane, C. R. et Burke, J. G. (2010). Disparities and access to healthy food in the United States: A review of food deserts literature. *Health & place*, 16(5), 876-884

Widener, M. J., Minaker, L. M., Reid, J. L., Patterson, Z., Ahmadi, T. K. et Hammond, D. (2018). Activity space-based measures of the food environment and their relationships to food

purchasing behaviours for young urban adults in Canada. *Public health nutrition*, 21(11), 2103-2116

Wrigley, N., Guy, C. et Lowe, M. (2002). Urban regeneration, social inclusion and large store development: the Seacroft development in context. *Urban studies*, 39(11), 2101-2114

Zenk, S. N., Schulz, A. J., Israel, B. A., James, S. A., Bao, S. et Wilson, M. L. (2005). Neighborhood racial composition, neighborhood poverty, and the spatial accessibility of supermarkets in metropolitan Detroit. *American journal of public health*, 95(4), 660-667

## Annexe 1 : Stratégie de recension

### STRATÉGIE DE RECHERCHE

#	Question	Opérateurs de restriction/Opérateurs d'expansion	Dernière exécution par	Résultats
S16	TI (((built OR food) W0 environment*) OR geograph* OR neighbo#rhood OR spacial) OR AB (((built OR food) W0 environment*) OR geograph* OR neighbo#rhood OR spacial) OR CI (((built OR food) W0 environment*) OR geograph* OR neighbo#rhood OR spacial) OR MH ("built environment" OR environment OR "environnement design" OR geography OR "spatial analysis")	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S15	TI (alimentation OR diet* OR eat* OR food# OR foodways OR nutrition* OR restaurant#) OR AB (alimentation OR diet* OR eat* OR food# OR foodways OR nutrition* OR restaurant#) OR CI (alimentation OR diet* OR eat* OR food# OR foodways OR nutrition* OR restaurant#) OR MH ("diet, healthy" OR "fast foods" OR "feeding behavior" OR "food preferences" OR "food supply" OR "nutrition assessment" OR restaurants)	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S14	TI (diabet* OR t2d) OR AB (diabet* OR t2d) OR CI (diabet* OR t2d) OR MH ("diabetes mellitus, type 2")	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche	Afficher



			avancée Base de données - MEDLINE Complete	
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	
S13	S16 AND S15 AND S14	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	
S12	S13 AND LA (english or french)	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	
	DO "10.1016/j.jneb.2011.08.003" OR "10.1186/s12889-015-1819- x" OR "10.1016/S2542- 5196(18)30208-0" OR "10.1186/1471-2458-13-755" OR "10.1016/j.puhe.2015.06.002" OR "10.1093/aje/kwv318" OR "10.1017/S1368980014002316"	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S11				

S10	S11 AND S12	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S9	S11 NOT S12	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S8	S6 NOT S5	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - CINAHL Plus with Full Text	2
S7	S6 AND S5	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche -	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de	4

		Trouver tous mes termes de recherche	recherche - Recherche avancée Base de données - CINAHL Plus with Full Text	
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	
S6	DO "10.1016/j.jneb.2011.08.003" OR "10.1186/s12889-015-1819-x" OR "10.1016/S2542-5196(18)30208-0" OR "10.1186/1471-2458-13-755" OR "10.1016/j.puhe.2015.06.002" OR "10.1093/aje/kwv318" OR "10.1017/S1368980014002316"	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche		Afficher
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	
S5	S4 AND LA (english or french)	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche		Afficher
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données -	
S4	S1 AND S2 AND S3	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche		Afficher

			MEDLINE Complete	
			Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	
S3	TI (diabet* OR t2d) OR AB (diabet* OR t2d) OR CI (diabet* OR t2d) OR MH ("diabetes mellitus, type 2")	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S2	TI (alimentation OR diet* OR eat* OR food# OR foodways OR nutrition* OR restaurant#) OR AB (alimentation OR diet* OR eat* OR food# OR foodways OR nutrition* OR restaurant#) OR CI (alimentation OR diet* OR eat* OR food# OR foodways OR nutrition* OR restaurant#) OR MH ("diet, healthy" OR "fast foods" OR "feeding behavior" OR "food preferences" OR "food supply" OR "nutrition assessment" OR restaurants)	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher
S1	TI (((built OR food) W0 environment*) OR geograph* OR neighbo#rhood OR spacial) OR AB (((built OR food) W0 environment*) OR geograph* OR neighbo#rhood OR spacial) OR CI (((built OR food) W0 environment*) OR geograph* OR neighbo#rhood OR spacial) OR MH ("built environment" OR environment OR "environnement design" OR geography OR "spatial analysis")	Opérateurs d'expansion - Appliquer des sujets équivalents Modes de recherche - Trouver tous mes termes de recherche	Interface - EBSCOhost Research Databases Ecran de recherche - Recherche avancée Base de données - MEDLINE Complete	Afficher

## Annexe 2 : Organigramme de Sélection d'Articles

