



Caractérisation de l'apport en sucres libres et naturellement présents dans la population adulte québécoise, et leur association avec des marqueurs de santé cardiométabolique

Mémoire

Amélie Bergeron

Maîtrise en nutrition - avec mémoire

Maître ès sciences (M. Sc.)

Québec, Canada

© Amélie Bergeron, 2020

Résumé

L'effet direct ou indirect de la consommation de sucres libres sur la santé cardiometabolique est un sujet controversé et complexe. Depuis quelques années, l'intérêt pour ce nutriment s'est accru. On distingue deux principaux types de sucres (sucres libres, en opposition aux sucres naturellement présents; faisant référence au fait qu'ils soient extraits ou non de leur matrice alimentaire d'origine), qui ne seraient pas associés de la même manière à des variables de santé. Comme il n'existe aucune méthode chimique permettant de distinguer les sucres libres des sucres naturellement présents, on ne retrouve généralement que les teneurs en sucres totaux sur les étiquettes de valeurs nutritives et dans les bases de données nutritionnelles. Une différenciation manuelle des sucres totaux doit donc être faite afin de caractériser l'apport en sucres libres et naturellement présents des populations et de le comparer aux recommandations nutritionnelles en vigueur. Nos travaux ont permis de caractériser ces apports dans la population adulte québécoise, pour la première fois. Une fois que les sucres libres et naturellement présents ont été différenciés, on a pu étudier les associations de la consommation de sucre selon le type (libre ou naturellement présent) et selon la source (liquide (boissons) ou solide (aliments)) avec des marqueurs de santé cardiometabolique. Nos travaux à ce sujet, bien qu'ils s'appuient sur des données observationnelles transversales et qu'on ne puisse donc pas tirer de relations de cause à effet, s'inscrivent dans une littérature émergente, relativement peu abondante, controversée et qui mérite qu'on s'y attarde avec nuances. Ce mémoire présente mes travaux portant sur le sucre, effectués durant mon projet de maîtrise, leur importance, ainsi que ce que leurs retombées suggèrent pour améliorer les stratégies de santé publique en lien avec la consommation de sucre, de façon plus générale, et de boissons sucrées, de façon plus précise.

Abstract

The direct or indirect effect of the consumption of free sugars on cardiometabolic health is a controversial and complex topic. In recent years, interest in this nutrient has increased. There are two main types of sugars (free sugars, as opposed to naturally occurring sugars; referring to whether or not they are extracted from their original food matrix), which appear not to be associated in the same way with health variables. Since there is no chemical method to distinguish free sugars from naturally occurring sugars, only the total sugar content is generally found on nutrition facts labels and in nutrient databases. Manual differentiation of total sugars must therefore be made in order to characterize the intake of free and naturally occurring sugars in populations and to compare it with current dietary recommendations. Our work has made it possible to characterize these intakes in the Quebec adult population for the first time. Once free and naturally occurring sugars were differentiated, we were able to study the associations of sugar consumption by type (free or naturally occurring) and by source (liquid (beverages) or solid (foods)) with cardiometabolic health markers. Our work, although based on cross-sectional observational data and from which we cannot therefore draw causal relationships, is part of an emerging literature that is relatively sparse, controversial, and deserves a nuanced approach. This master's thesis presents the work I did on sugar during my master's project, its importance, as well as what its repercussions suggest for improving public health strategies about sugar consumption, more generally, and sugar-sweetened beverages, more specifically.

Table des matières

Résumé	ii
Abstract	iii
Table des matières	iv
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	viii
Liste des acronymes	ix
Remerciements	xi
Avant-propos	xii
Introduction.....	1
Chapitre 1- Problématique générale.....	3
1. Mise en contexte de l'intérêt pour le sucre	3
1.1. L'histoire du sucre	3
1.1.1. <i>Évolution historique de la consommation de sucre</i>	3
1.1.2. <i>Consommation actuelle de sucre</i>	4
1.1.3. <i>Industrie du sucre</i>	4
1.1.4. <i>Débuts de l'intérêt scientifique accordé au sucre</i>	5
1.2. Différents types de sucre	6
1.3. Recommandations de consommation de sucre	7
2. Données de consommation de sucres au Québec et au Canada	9
2.1. Difficulté à caractériser l'apport en sucres libres et naturellement présents	9
2.2. Méthodologies employées pour estimer la consommation de sucres libres au Canada.....	10
3. Méthodes de différenciation des sucres totaux en sucres libres et naturellement présents.....	12
3.1. Méthodes de caractérisation des apports en sucres basées sur des biomarqueurs	12
3.2. Méthodes de différenciation des sucres basées sur les ingrédients	13
3.3. Méthodes de différenciation des sucres par algorithme	14
3.3.1. <i>Algorithme de Louie et coll.</i>	14
3.3.2. <i>Algorithme de Bernstein et coll.</i>	15
4. Associations entre la consommation de sucre et la santé	15
4.1. Portrait général de la littérature sur les associations entre la consommation de sucre et la santé.....	15
4.1.1. <i>Types de sucres : libres/ajoutés vs naturellement présents</i>	19
4.1.2. <i>Forme dans laquelle le sucre libre/ajouté est consommé : sources liquides vs solides</i>	21
4.2. Contexte global : Mode de vie sédentaire et régime alimentaire occidental	24
4.3. Pertinence et place de nos travaux dans la littérature	26
Chapitre 2 – Considérations méthodologiques.....	28
1. PREDISE	28
2. R24W	28
3. Food Label Information Program (FLIP)	29
4. Notre version de l'algorithme	29
Chapitre 3 - Objectifs et hypothèses	34
1. Première partie – Caractérisation des apports en sucres de la population d'adultes francophones de la province de Québec.....	34
1.1. Objectif	34
1.2. Hypothèses.....	34
2. Deuxième partie – Association entre la consommation de sucres, la qualité alimentaire et des variables de santé cardiometabolique dans la population adulte québécoise	34
2.1. Objectif	34
2.2. Hypothèses.....	35

Chapitre 4 - Apports en sucres totaux, libres et naturellement présents dans la population d'adultes francophones de la province de Québec : Le projet PREDISE.....	36
Résumé.....	36
Abstract.....	37
Introduction.....	38
Materials and Methods.....	39
Participants and Procedures.....	39
R24W Database.....	39
Sugar Differentiation.....	40
Plausibility of Self-Reported Energy Intakes.....	43
Statistical Analyses.....	43
Results.....	44
Mean Intakes of Total, Free, and Naturally Occurring Sugars.....	44
Proportion of Individuals Meeting WHO's Recommendation.....	46
Correlations among Types of Sugars.....	47
Discussion.....	48
Strengths and Limits.....	51
Conclusions.....	51
References.....	53
Supplementary data.....	56
Chapitre 5 - Associations entre les apports en sucres libres et naturellement présents provenant des aliments solides et des boissons, la qualité de l'alimentation et les facteurs de risque cardiométabolique dans la population adulte québécoise : Le projet PREDISE.....	57
Résumé.....	58
Abstract.....	59
Introduction.....	60
Methods.....	61
Participants and procedures.....	61
Dietary assessment.....	62
Diet quality.....	62
Plausibility of self-reported energy intakes.....	62
HOMA-IR.....	62
Continuous metabolic syndrome risk score (Z score).....	63
Statistical analyses.....	63
Results.....	64
Population characteristics.....	64
Food sources of sugars.....	66
Univariable associations of sugar intake with diet quality and cardiometabolic health markers.....	66
Multiple linear associations of sugar intake with cardiometabolic health markers.....	69
Discussion.....	72
Conclusion.....	75
References.....	77
Supplementary data.....	80
Chapitre 6 - Discussion générale.....	82
1. Retombées de nos résultats.....	82
2. Importance de caractériser la consommation de sucres et d'émettre des recommandations.....	82
3. Importance de tenir compte du type de sucre et de la forme dans laquelle il est consommé.....	85
4. Importance de tenir compte de l'alimentation globale et des habitudes de vie.....	86
5. Stratégies visant à réduire la consommation de sucres libres.....	88
5.1. Étiquetage nutritionnel adéquat.....	88
5.2. Reformulation des produits commerciaux.....	91
5.3. Taxation des boissons et aliments malsains.....	93

5.3.1. <i>Taxation des boissons sucrées</i>	93
5.3.2. <i>Taxation de la malbouffe</i>	94
5.4. Efficacité de la combinaison de différentes mesures de santé publique.....	95
5.5. Miser sur l'amélioration de la qualité alimentaire globale.....	95
Conclusion	97
Bibliographie	99

Liste des figures

Chapitre 4

Figure 1. Proportion of individuals meeting the World Health Organization's recommendation to consume less than 10% of daily kilocalories as free sugars, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada.	47
--	----

Liste des tableaux

Chapitre 2

Tableau 1. Résumé de l'algorithme de différenciation des sucres de Bernstein et coll.	31
Tableau 2 : Résumé de notre algorithme de différenciation des sucres	32

Chapitre 4

Table 1. Method for calculating the content of free sugars in foods and recipes (adapted from Bernstein et al. [29]).	41
Table 1. Method for calculating the content of free sugars in foods and recipes (adapted from Bernstein et al. [29]). (continued)	42
Table 2. Mean (95% CI) intakes of total, free and naturally occurring sugars, expressed in grams, percentages of total sugars and percentages of energy they provide, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	45
Table 3. Correlations between %E from total, free and naturally occurring sugars in overall diet and in foods and drinks separately in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada.	48
Table S1 : Unadjusted mean (95% CI) intakes of total, free and naturally occurring sugars, expressed in grams, percentage of total sugars and percentage of energy they provide, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada.....	56

Chapitre 5

Table 1. Mean (95%CI) characteristics of an age- and sex- representative sample of French-speaking adults from the Province of Québec, Canada	65
Table 2a. Correlations between %E from free sugars (FS) and diet quality and cardiometabolic risk factors, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	67
Table 2b. Correlations between %E from naturally occurring sugars (NOS) and diet quality and cardiometabolic risk factors, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	68
Table 3a. Associations between cardiometabolic risk factors and %E from free sugars (FS) from solid foods and drinks, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	70
Table 3b. Associations between cardiometabolic risk factors and %E from naturally occurring sugars (NOS) from solid foods and drinks, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	71
Supplemental Table 1. Top food sources of total, free and naturally occurring sugar in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	80
Supplemental Table 2. Correlations between %E from free sugars (FS) and %E from naturally occurring sugars (NOS) and subscores of the Alternative Healthy Eating Index 2010 (AHEI), in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada	81

Liste des acronymes

AMT : Apport maximal tolérable

AHEI : *Alternative Healthy Eating Index – 2010*

AVC : Accident vasculaire cérébral

BMI : *Body mass index* (indice de masse corporelle)

ESCC : Enquête de santé dans les collectivités canadiennes

CCHS : *Canadian community health survey* (Enquête de santé dans les collectivités canadiennes)

CNF : *Canadian nutrient file* (Fichier canadien sur les éléments nutritifs)

CRP : *C Reactive Protein* (protéine C réactive)

DBP : *Diastolic blood pressure* (pression artérielle diastolique)

FCÉN : Fichier canadien sur les éléments nutritifs

FG : *Fasting glucose* (glycémie à jeun)

FLIP : *Food label information program*

FS : *Free sugars* (sucres libres)

HDL : *High Density Lipoprotein Cholesterol* (lipoprotéine de haute densité)

HOMA-IR : *Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance*

IC : Intervalle de confiance

IMC : Indice de masse corporelle

INAF : Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels

INSPQ : Institut national de santé publique du Québec

LDL : *Low Density Lipoprotein Cholesterol* (lipoprotéine de basse densité)

MAP : *Mean Arterial Pressure* (pression artérielle moyenne)

MS Z Score : *Metabolic Syndrome Z Score* (score Z de syndrome métabolique)

NCEP-ATP III : *National Cholesterol Education Program – Adult Treatment Panel III*

NHANES : *National Health and Nutrition Examination Survey*

NOS : *Naturally occurring sugars* (sucres naturellement présents)

OMS : Organisation mondiale de la santé

PREDISE : PRÉDICTeurs Individuels, Sociaux et Environnementaux

R24W : Outil de complétion de rappels de 24h web utilisé dans le projet PREDISE

SACN : *Scientific Advisory Committee on Nutrition*

SBP : *Systolic blood pressure* (pression artérielle systolique)

SSB : *Sugar-sweetened beverages* (boissons sucrées)

TG : triglycérides

USDA : *United States Department of Agriculture*

WC : *waist circumference* (tour de taille)

WHO : *World Health Organization* (Organisation mondiale de la santé)

%É : Pourcentage de l'apport énergétique quotidien (*Percentage of daily energy ; %E*)

Remerciements

Les circonstances sans précédent de pandémie mondiale accompagnant la fin de ma maîtrise forcent au confinement, et par le fait même, à l'introspection. Déjà la fin de cette belle étape ; ces quelque deux années au cours desquelles j'ai réfléchi, analysé, rédigé, corrigé, lu, relu, présenté, appris, grandi. Mon expérience n'aurait pas été si enrichissante sans le soutien de ma directrice. Je tiens sincèrement à te remercier Simone, pour ton encadrement rassurant et précieux. Merci aussi pour ton temps, ton écoute, ta compréhension et ta confiance. Merci d'avoir partagé ton expérience avec moi, scientifique ou non. Ta sincère considération pour le bien-être de tous les membres de ton équipe transparait, donne confiance et fait toute la différence. Ce fut un réel plaisir de pouvoir t'avoir comme modèle pendant toutes ces années.

Merci à Marie-Ève, ma codirectrice, d'avoir partagé ton expertise et d'avoir participé à certaines de mes réflexions. Un grand merci à Didier d'avoir été autant disponible pour répondre à mes questions de stats et pour m'aider avec mes analyses. Merci également à Catherine, pour ton aide et ta disponibilité avec tous les changements, mises à jour, réflexions entourant les sucres dans la base de données. Merci de t'être cassé la tête à ce sujet avec moi! Merci à tous les membres de mon équipe de recherche que j'ai côtoyés au fil de mes années à l'INAF. Nos rencontres et nos discussions ont enrichi mon parcours et ma pensée. Je remercie également le *Fonds de recherche du Québec – Santé* et les *Instituts de recherche en santé du Canada* pour la bourse de maîtrise qui m'a été octroyée.

Je suis reconnaissante d'avoir pu évoluer dans le milieu de recherche exceptionnel qu'est l'INAF. Les nombreuses activités, formations et conférences et le climat d'entraide qui y règne ont contribué à rendre mon cheminement stimulant et agréable. Durant mon parcours d'auxiliaire de recherche de premier cycle dans l'équipe de Simone, j'ai aussi apprécié pouvoir collaborer concrètement à la collecte des données utilisées pour mon projet de maîtrise. Prendre part à presque toutes les phases du projet, de l'explication du projet par téléphone aux participants, à leur rencontre lors de leur visite à l'unité clinique de l'INAF, jusqu'à l'analyse, la présentation et la publication des données, a été formateur et gratifiant.

Merci à tous ceux que j'ai croisés sur mon chemin. Vous avez tous et chacun fait une différence.

Je tiens finalement à remercier mes parents, Nicole et Alain, pour leur soutien inconditionnel, le témoignage de leur fierté et leurs encouragements à donner le meilleur de moi-même dans tout ce que j'entreprends, depuis toujours. Je remercie Gabriel, mon copain, pour son précieux support et sa bienveillance. Je remercie aussi ma sœur, Ménéth, qui termine également sa maîtrise pratiquement en même temps que moi, pour ses encouragements et son enthousiasme envers mes travaux.

Avant-propos

Ce mémoire comprend deux articles scientifiques que j'ai rédigés à titre de première auteure. Le premier, faisant l'objet du chapitre 4, a été publié dans la revue *Nutrients* le 20 septembre 2019 et le deuxième, présenté au chapitre 5, est la version telle que soumise à la revue *The Journal of Nutrition* le 20 avril 2020. Pour les deux articles, j'ai effectué les analyses statistiques, en plus de rédiger les manuscrits. Les co-auteurs ont révisé les articles. Les co-auteurs de l'article intitulé «*Intakes of Total, Free, and Naturally Occurring Sugars in the French-Speaking Adult Population of the Province of Québec, Canada: The PREDISE Study*», présenté au chapitre 4, sont Marie-Ève Labonté, Dt.P., Ph.D., Didier Brassard, Dt.P., M.Sc., Alexandra Bédard, Dt.P., Ph.D., Catherine Laramée, Dt.P., M.Sc., Julie Robitaille, Dt.P., Ph.D., Sophie Desroches, Dt.P., Ph.D., Véronique Provencher, Dt.P., Ph.D., Charles Couillard, Ph.D., Marie-Claude Vohl, Ph.D., Benoît Lamarche, Ph.D., et Simone Lemieux, Dt.P., Ph.D. Les co-auteurs de l'article intitulé «*Associations among free and naturally occurring sugar intakes from solid foods and drinks, diet quality and cardiometabolic risk factors in the Québec adult population: the PREDISE study*», présenté au chapitre 5, sont Marie-Ève Labonté, Dt.P., Ph.D., Didier Brassard, Dt.P., M.Sc., Catherine Laramée, Dt.P., M.Sc., Julie Robitaille, Dt.P., Ph.D., Sophie Desroches, Dt.P., Ph.D., Véronique Provencher, Dt.P., Ph.D., Charles Couillard, Ph.D., Marie-Claude Vohl, Ph.D., Mathieu Bélanger, Ph.D., Benoît Lamarche, Ph.D., et Simone Lemieux, Dt.P., Ph.D.

Introduction

Ce mémoire présente les travaux que j'ai effectués dans le cadre de ma maîtrise en nutrition. Je me suis intéressée à l'apport en sucres libres et naturellement présents dans la population québécoise, ainsi qu'à leur association avec des variables de santé cardiométabolique.

Le chapitre 1 expose la problématique générale du sujet, en commençant par une mise en contexte historique, puis présente les débuts de l'intérêt scientifique envers le sucre, les définitions des différents types de sucres (principalement les sucres libres et les sucres naturellement présents), ainsi que les différentes recommandations de consommation en vigueur. Tel que décrit dans les premières pages, la consommation de sucre ne date pas d'hier, mais sa surconsommation est plutôt récente [1]. Dans les années 1960, des chercheurs ont commencé à voir le parallèle entre l'augmentation des prévalences d'obésité et de maladies chroniques et les récents changements dans l'alimentation de l'époque [2]. L'intérêt pour l'étude du sucre a donc commencé à cette période, pour atteindre l'ampleur actuelle que l'on connaît, dans la communauté scientifique et dans les médias [3]. Une fois la mise en contexte complétée, la difficulté de caractériser les types de sucres est abordée, ainsi que les méthodes pour y arriver. En effet, l'étude et la caractérisation de la consommation de sucres libres et naturellement présents à l'échelle populationnelle sont compliquées par le fait qu'on ne peut les distinguer avec une méthode chimique [4]. Dans les bases de données nutritionnelles et sur les étiquettes de valeurs nutritives, on retrouve souvent seulement les sucres totaux, notamment au Canada [5,6]. On doit donc utiliser des méthodes systématiques pour différencier les sucres libres des sucres naturellement présents [7,8]. Le chapitre 1 se conclut avec un portrait de la littérature quant aux associations entre le sucre et la santé. La littérature à cet effet est controversée et il est difficile d'en dresser un portrait clair puisque différents types ou sources de sucres sont étudiés et les conclusions se confondent. Les études comparant les effets des deux types de sucres (sucres libres et sucres naturellement présents) sont rares, même s'ils semblent bel et bien avoir des effets différents sur la santé [9]. Plusieurs auteurs se sont intéressés aux boissons sucrées, qui constituent une source liquide de sucres libres [10]. Leur effet néfaste sur la santé semble assez clair, contrairement à l'effet des sucres libres provenant de sources solides [11]. Ce qui complique également l'analyse de l'effet du sucre sur la santé est que la consommation de sucres libres va souvent de pair avec une consommation importante d'aliments ultra-transformés ou d'une moins bonne qualité alimentaire [12,13], fournissant peu de nutriments, mais d'importantes quantités de sodium et de gras [14]. Il peut donc être difficile de dissocier l'effet de l'un et de l'autre sur le développement et la prévalence importante de maladies chroniques [15,16]. À notre connaissance, très peu d'études se sont intéressées à la fois à l'effet du type de sucre et de la source de sucre sur la santé, en tenant compte de divers facteurs pouvant avoir une influence sur les associations, dont la qualité globale de l'alimentation.

Tel que présenté au chapitre 2, via nos objectifs et nos hypothèses de recherche, nous avons d'abord caractérisé, pour la première fois, l'apport en sucres libres et naturellement présents dans la population québécoise [17]. Une fois cette première étape effectuée, nous avons pu faire des associations entre l'apport en sucres libres et naturellement présents, consommés sous forme liquide et solide, avec des variables de santé cardiométabolique (indice de masse corporelle, tour de taille, glycémie et insulïnémie à jeun, résistance à l'insuline, protéine C-Réactive, triglycérides, cholestérol LDL et HDL, ratio du cholestérol total/cholestérol HDL, pressions artérielles systolique et diastolique et score Z du syndrome métabolique), en tenant compte de la qualité alimentaire globale et de divers facteurs sociodémographiques et relatifs aux habitudes de vie.

Les chapitres 4 et 5 présentent les deux articles que j'ai rédigés dans le cadre de mes travaux de maîtrise. Le premier article, au chapitre 4, qui porte sur la caractérisation de l'apport en sucres dans la population québécoise, a été publié dans la revue *Nutrients*. Le deuxième article, présenté au chapitre 5, porte sur les associations entre les types (libres et naturellement présents) et les sources (liquides ou solides) de sucres. La version présentée est celle soumise à la revue *The Journal of Nutrition*.

Finalement, au chapitre 6, qui constitue la discussion et la conclusion du mémoire, l'importance de connaître la consommation de sucres libres et naturellement présents dans les populations et d'émettre des recommandations nutritionnelles en ce sens est réitérée. Toutefois, les nuances à prendre en considération lorsqu'on aborde le lien entre la consommation de sucre et la santé, dans une optique de santé publique, sont précisées, à la lumière de nos travaux et de la littérature actuelle. Il semblerait que tous les sucres ne soient pas équivalents, selon leur type et la forme dans laquelle ils sont consommés [10], et qu'on doive aborder le problème de consommation de sucres libres sous l'angle de l'amélioration de la qualité globale de l'alimentation [18]. Certaines mesures de santé publique, comme l'étiquetage nutritionnel des sucres ajoutés ou libres [9], la reformulation des produits commerciaux [8] et la taxation des boissons sucrées [19], auraient tout de même leur place, afin de diminuer l'apport en sucres provenant des aliments ultra-transformés et des boissons sucrées.

Chapitre 1- Problématique générale

1. Mise en contexte de l'intérêt pour le sucre

1.1. L'histoire du sucre

1.1.1. Évolution historique de la consommation de sucre

Le sucre, cet ingrédient/aliment/nutriment dont plusieurs raffolent, mais qui sème la controverse pour de multiples raisons, n'a jamais occupé une place si importante dans l'alimentation des populations que dans le présent régime alimentaire occidental. Avoir un aperçu de l'histoire du sucre permet de poser un regard différent sur sa consommation actuelle. Associée à l'esclavage et la surconsommation, l'histoire du sucre n'a pas un goût si doux...

Le commerce du sucre est l'un des plus anciens que l'humanité ait connu et il a joué un rôle important dans le développement économique et politique des sociétés [1]. On estime que, déjà à la préhistoire, le goût sucré de la canne à sucre était connu [1]. Le début de la transformation de celle-ci remonte toutefois à environ 350 av. J.-C., en Inde [20]. Sa culture gagne plusieurs régions orientales et africaines, puis européennes vers 600 apr. J.-C. [1]. Dans les années 1400, avec les conquêtes vers le Nouveau Monde, la culture de la canne à sucre y fut introduite et prit de l'expansion [1,21]. Un commerce triangulaire se met rapidement en place et devint très profitable aux propriétaires des vastes plantations de canne à sucre en Amérique, dont leur aménagement résulte de la déforestation [20]. Pendant 350 ans, l'industrie était donc telle que différents pays européens importaient la canne à sucre produite dans les Amériques et les Caraïbes par de la main-d'œuvre provenant de l'Afrique, esclave et maltraitée, obtenue en échange de rhum et d'armes, entre autres [1,20,21]. Au 15^e siècle, le commerce du sucre en Europe est bien installé [1]. D'abord utilisé comme épice, comme médicament ou pour adoucir le goût de ceux-ci, le sucre était cher, rare et précieux [22]. Longtemps réservé à la royauté et aux hautes classes bourgeoises et symbole de richesse, c'est vers le 16^e siècle, avec une augmentation de la production, que le sucre devint un peu plus abordable à la classe moyenne [21]. Il commence à être de plus en plus utilisé pour la confection des desserts et pour sucrer les boissons chaudes, soit le thé et le café [22].

Un blocus maritime anglais, durant les guerres napoléoniennes du début du 19^e siècle, qui empêchait toute importation des colonies vers l'Europe continentale, incita à trouver une autre source de sucre raffiné: la betterave [1]. Dès lors, avec la première usine de raffinage de sucre de betterave ouverte en France en 1812, l'industrie et la culture de la betterave à sucre prirent de l'ampleur en Europe continentale [1], ce qui fit bondir la production mondiale de sucre [21]. Les producteurs de betterave servant à la production de sucre étaient même financés pour être davantage compétitifs avec le commerce de la canne à sucre des Britanniques [1]. Ceux-ci

choisissent donc de retirer la taxe sur leur produit dans les années 1870, le rendant plus abordable pour la classe ouvrière, ce qui fit en sorte que la consommation de sucre de la population augmenta, et que la consommation de légumes et de pommes de terre diminua conséquemment [1]. La consommation individuelle annuelle de sucre passa d'environ 2kg au 18^e siècle à 5kg au début du 19^e siècle, jusqu'à 21kg vers 1870, puis à 45kg au 20^e siècle [1]. À la fin du 19^e siècle et au courant du 20^e siècle, de nombreux bonbons, chocolats et boissons sucrées, encore populaires aujourd'hui, verront le jour. Le sirop de maïs à haute teneur en fructose (*high-fructose corn syrup*), qui entre dans la fabrication de beaucoup d'aliments et boissons ultra-transformés, commence également à être de plus en plus utilisé, surtout à partir des années 1990 [20].

1.1.2. Consommation actuelle de sucre

Le sucre raffiné est abordable et se conserve longtemps et facilement, ce qui en fait un ingrédient largement utilisé par l'industrie alimentaire pour sucrer et équilibrer le goût des aliments, en plus d'être utilisé pour ses propriétés chimiques et ses fonctionnalités particulières comme sa caramélisation, sa capacité à retenir l'humidité ou son rôle dans la fermentation [1]. Étant peu coûteux, il est ajouté aux aliments commerciaux dans le but, entre autres, d'en améliorer les qualités organoleptiques. La place du sucre dans l'alimentation a rapidement pris de l'ampleur avec l'industrialisation de la production des aliments. Les niveaux de consommation sont devenus tels qu'ils sont maintenant considérés problématiques à l'atteinte d'une bonne santé individuelle et publique [23]. Le sucre est maintenant tellement omniprésent dans l'offre alimentaire que les consommateurs n'ont pas toujours conscience de la quantité dans les aliments commerciaux ni même de sa présence [23,24]. Les produits ultra-transformés riches en sucre et les boissons sucrées, vendus pratiquement partout et à des prix parfois dérisoires, sont énormément publicisés [23].

1.1.3. Industrie du sucre

L'industrie du sucre est réellement puissante et lucrative [25]. Le fait qu'elle réussisse à influencer les différentes tentatives de législation des gouvernements et initiatives des agences de santé, et à s'y opposer si fermement, montre la puissance de ce lobby [26-29]. Elle use de bon nombre d'arguments afin de déconstruire et contredire les recommandations de consommation de sucre en vigueur et les résultats scientifiques montrant les associations entre la consommation de sucre ou de boissons sucrées et différents problèmes de santé [30-32]. Dans un article, Kearns et coll. présentent les stratégies argumentatives utilisées par la *U.S. Sugar Association*, qui représente l'industrie de la canne à sucre et de la betterave à sucre [29]. Cette association avait gagné un prix de relations publiques américain en 1976 pour la campagne qu'ils ont menée pour défendre le sucre contre la forte critique médiatique en lien avec le diabète, les maladies cardiaques, l'obésité, la carie dentaire et sa nature addictive [29]. L'association avait réussi à bloquer les politiques de restriction du sucre en convainquant la *Food and Drug Administration* (FDA) de ne pas définir le sucre comme un additif alimentaire, ce qui lui aurait donné le pouvoir de limiter sa présence dans les aliments [29].

1.1.4. Débuts de l'intérêt scientifique accordé au sucre

Dans les dernières décennies, les taux d'obésité et d'embonpoint, ainsi que l'incidence des maladies cardiovasculaires et de diabète ont augmenté [33-35]. Ces derniers ont augmenté trop rapidement pour être expliqués par un changement dans le génome humain [36]. On attribue donc ces tendances à des changements relativement récents dans les habitudes de vie et les habitudes alimentaires [36].

L'intérêt scientifique accordé aux sucres débute lorsque, vers la fin des années 1960 et le début des années 1970, des chercheurs britanniques ont fait des associations, dans des études observationnelles, entre la faible consommation de fibres, ainsi que la consommation élevée de glucides raffinés et de sucre, et l'épidémie de maladies coronariennes [2]. D'autres ont plutôt accusé les gras, en raison du lien entre la consommation de gras saturés et l'augmentation du cholestérol sanguin, qui lui est associé à un plus grand risque de maladies cardiovasculaires [2,37]. Les hypothèses contre le sucre ont peu été retenues à cette époque en raison du manque de certitude scientifique et puisque les mécanismes métaboliques n'avaient pas encore été bien démontrés [2]. C'est donc l'hypothèse de l'impact des acides gras saturés qui avait été retenue dans la communauté scientifique pour expliquer l'épidémie grandissante de maladies coronariennes [2]. Pendant quatre décennies, l'idée véhiculée était que la consommation de gras était responsable du développement de maladies cardiovasculaires et les recommandations nutritionnelles proposaient une diète faible en gras [2,37]. L'influence de l'industrie du sucre dans les années 1960, révélée en 2016, qui consistait en la rémunération de chercheurs américains afin qu'ils publient des études démontrant les associations néfastes entre la consommation d'acides gras saturés et les maladies cardiovasculaires, tout en étouffant les données émergentes quant à l'effet du sucre [2,26], a probablement contribué à entretenir cette idée, au bénéfice de l'industrie sucrière. Des résultats montrant que d'autres facteurs alimentaires comme les gras *trans*, la consommation de poisson et de fruits et légumes étaient associés plus fortement aux maladies coronariennes que ce qui avait été démontré pour les acides gras saturés ont mitigé la proposition qui était en vigueur [2]. Pendant ce temps, les évidences s'accumulent sur le rôle des glucides raffinés, du sucre, des grains entiers et des fibres dans le développement des maladies coronariennes [2]. Vers 2004, des chercheurs ont commencé à faire des associations entre l'augmentation de la consommation de fructose et l'augmentation de la prévalence de surpoids et d'obésité, et commençaient à mettre en garde contre la consommation de sucre à cause du risque potentiel sur la santé [37]. Depuis un peu plus d'une décennie, l'intérêt pour l'étude de l'effet du sucre sur la santé s'est accru [3]. Alors que la littérature scientifique et l'opinion populaire ont longtemps blâmé les gras, le vent a tourné vers l'accusation du sucre [38,39].

1.2. Différents types de sucre

Des types de sucres ont été définis selon l'état dans lequel on les retrouve. En d'autres mots, ce n'est pas la structure chimique des sucres, mais plutôt la matrice alimentaire dans laquelle on les retrouve qui définit la classification de ceux-ci [4]. Il existe deux grandes familles de sucre : les sucres naturellement présents dans les aliments et les sucres ajoutés.

Les sucres naturellement présents regroupent tous les sucres qui, comme leur nom l'indique, se retrouvent naturellement dans la matrice des aliments (ex. : fruits, légumes, lait) [23].

L'*American Heart Association*, définit les sucres ajoutés comme «[...] les sucres et sirops ajoutés aux aliments durant la préparation ou la transformation, ou ajoutés à la table» [traduction libre] [40].

Quelques définitions, avec chacune leurs particularités, existent pour désigner les sucres libres. L'Organisation mondiale de la santé (OMS), plutôt que de référer aux sucres ajoutés, aborde le concept de sucres libres, soit les «[...] monosaccharides et les disaccharides ajoutés aux aliments par le fabricant, le cuisinier ou le consommateur, en plus des sucres naturellement présents dans le miel, les sirops, les jus de fruits et les concentrés de jus de fruits» [traduction libre] [41]. L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), lui, définit les sucres libres comme étant les «[...] la somme des sucres ajoutés [...] et des sucres naturellement présents dans le miel, les sirops, les jus de fruits purs et les concentrés de jus de fruits» [42]. Les définitions de l'OMS et de l'INSPQ sont similaires et sont largement utilisées. Toutefois, en 2016, tel que rapporté par Swan et al. [43], le *Scientific Advisory Committee on Nutrition* (SACN) a fait la recommandation à *Public Health England* que «Tous les sucres naturellement présents dans les jus de fruits et légumes, les concentrés, les smoothies, les purées, les pâtes, les poudres et les produits extrudés à base de fruits et légumes » [traduction libre] [43] devraient être considérés comme des sucres libres en raison du fait que la structure cellulaire n'est plus intacte [44], «mais que les sucres naturellement présents dans d'autres types de fruits et légumes transformés (séchés, en conserve (à l'exclusion des fruits dans le jus ou le sirop), mijotés, pressés) n'entrent pas dans la définition des sucres libres.» [traduction libre] [43]. Selon cette définition, les sucres dans l'houmous et la compote de pomme, par exemple, seraient considérés comme libres puisque les pois chiches et les pommes ont été réduits en purée.

Nous jugeons que la définition du SACN est difficilement applicable puisqu'elle nécessite nombre de suppositions quant au degré de dégradation de la matrice alimentaire [43]. Dans le cadre de mon projet de maîtrise, nous avons donc choisi la définition proposée par l'OMS, d'autant plus que c'est cette instance de santé qui propose la recommandation de consommation de sucres libres la plus répandue [41]. Une récente étude transversale a montré qu'il n'y avait pas de différence significative (0.8g seulement) dans l'apport en sucres libres de la

population adulte du Royaume-Uni lorsqu'il était évalué selon la définition de l'OMS ou du SACN [45]). Pour mon projet de maîtrise, nous nous sommes donc basées à la fois sur la définition de l'OMS et celle de l'INSPQ, puisqu'elles sont similaires.

Finalement, la catégorie des sucres totaux inclut tous ces sucres (l'addition des sucres libres et des sucres naturellement présents). C'est la teneur en sucres totaux que l'on retrouve sur les étiquettes de valeurs nutritives et dans la plupart des bases de données nutritionnelles [5,9].

Qu'elles soient libres ou naturellement présentes, les molécules de sucre sont chimiquement les mêmes et le corps les métabolise de la même façon [46]. Toutefois, classer les types de sucres suggère qu'ils ne sont pas tous équivalents, notamment en raison du fait qu'ils sont intégrés ou non dans une matrice alimentaire. Cette notion sera discutée plus loin et est justement à la base d'une hypothèse d'un des articles inclus dans ce mémoire.

1.3. Recommandations de consommation de sucre

Des instances de santé et des gouvernements nationaux ont émis des recommandations de consommation de sucres totaux, libres ou ajoutés, parfois quantitatives, parfois qualitatives.

D'abord, l'OMS se base sur deux méta-analyses, une en lien avec la carie dentaire et l'autre en lien avec le poids, pour recommander de limiter la consommation de sucres libres [47-49]. Depuis 1989, l'OMS recommande de limiter à 10% des kilocalories quotidiennes (pourcentage d'énergie ; %É) l'apport en sucres libres [41]. Pour une alimentation fournissant 2000 kilocalories, 10%É correspond à 200 kilocalories, donc 50g de sucres libres. Il s'agit de la recommandation la plus uniformément acceptée. L'OMS soutient que la consommation de sucres libres augmente la densité énergétique de la diète, qui peut entraîner un surplus calorique, qui peut à son tour entraîner un gain de poids, qui lui-même augmente le risque de développement du diabète de type 2 et de maladies cardiovasculaires [41]. L'OMS mentionne toutefois que ce seraient principalement les boissons sucrées, qui sont une source de sucres libres, qui augmenteraient l'apport énergétique et qui prendraient la place d'aliments nutritifs, ce qui diminuerait la qualité de la diète, entraînerait un gain de poids et donc un plus grand risque de maladies chroniques non transmissibles [41]. La limite quantitative de 10%É établie est toutefois basée sur la prévention des caries dentaires [23]. L'OMS a également émis la recommandation conditionnelle de ne pas dépasser 5%É sous forme de sucres libres, principalement pour prévenir la carie dentaire [41]. Une recommandation conditionnelle est émise quand la balance décisionnelle entre les avantages et les inconvénients d'émettre une telle recommandation est moins certaine [41]. Bien que l'OMS n'ait pas identifié qu'une consommation de sucres libres inférieure à 5%É entraînerait des effets néfastes sur la santé, elle qualifie de très faible la qualité des évidences des trois études écologiques sur lesquelles cette recommandation conditionnelle se base [41]. Ces études, toutes menées au Japon, ont montré une association positive entre la

prévalence de caries au niveau national et la disponibilité de sucres libres par habitant [41]. Bref, malgré que ces études ne permettent pas réellement de savoir si les individus chez qui on observe davantage de caries sont ceux qui consomment le plus de sucres, l'OMS affirme que de limiter au maximum l'exposition au sucre durant toute la vie permettrait de diminuer l'incidence de caries, puisque l'effet serait cumulatif [41].

Les *Dietary Guidelines for Americans (2015-2020)* recommandent de limiter l'apport en sucres ajoutés à 10%É dans le but de prioriser les aliments davantage intéressants d'un point de vue nutritionnel et de rencontrer les besoins en nutriments, sans dépasser un certain apport calorique quotidien [50]. Le principe sous-jacent est que le sucre ajouté aux aliments et aux boissons fournit un apport calorique sans contribuer à l'apport en nutriments [50]. La cible de 10%É vient du constat qu'il est difficile de rencontrer les besoins en nutriments essentiels sans dépasser le besoin calorique si le sucre ajouté fournit plus de 10% des kilocalories quotidiennes, en prenant en considération que la recommandation pour l'apport en gras saturés est également de 10% de l'énergie quotidienne [51].

Le *Scientific Advisory Committee on Nutrition*, qui conseille *Public Health England*, recommande de limiter l'apport en sucres libres à 5%É, tout en limitant la consommation de boissons sucrées [52]. Les évidences derrière cette recommandation soutiennent que de consommer trop de sucre entraîne une augmentation de la carie dentaire ainsi qu'un gain de poids qui, à son tour, est un facteur de risque pour d'autres maladies chroniques associées, et que de consommer trop de boissons sucrées augmente le risque de diabète de type 2 [52].

L'*Institute of Medicine* a émis, en 2002, la recommandation de ne pas dépasser la limite supérieure de 25%É provenant des sucres ajoutés afin d'éviter un apport insuffisant en certains nutriments [53].

Les recommandations des diverses organisations sont variables, et même si la recommandation quantitative émise par plusieurs est la même (10%É), les raisons sous-jacentes varient [54]. Par ailleurs, les évidences soutenant les différentes recommandations ne spécifient pas la raison pour laquelle les sucres libres seraient davantage une menace à la santé comparativement aux sucres naturellement présents [47]. Aussi, il n'existe actuellement pas de consensus quant à la limite de l'apport en sucre à ne pas dépasser quotidiennement [55]. Il n'existe pas d'apport maximal tolérable (AMT) établi pour le sucre, comme c'est le cas pour d'autres éléments nutritifs, puisque les évidences ne le permettaient pas, au moment d'établir les AMT [23,53].

Des recommandations qualitatives ont également été émises par diverses instances. Le ministère de la Santé du Brésil, via les *Dietary Guidelines for the Brazilian population*, recommande d'«éviter la consommation d'aliments ultra-transformés» et de «cuisiner avec des aliments frais et peu transformés, auxquels des petites quantités de gras, de sel et de sucre peuvent être ajoutées» [traductions libres] [56]. Le gouvernement brésilien mentionne également que de consommer du sucre libre en faible quantité, sans toutefois spécifier de quantité précise, ne pose pas de risque pour la santé [56].

Au Canada, la version la plus récente du Guide alimentaire canadien, soit celle de 2019, recommande de «Limite[r] les aliments hautement transformés [...] [qui] regroupent les boissons et les aliments transformés ou préparés qui constituent un apport excessif en sodium, en sucres ou en gras saturés» [57]. On y mentionne également que «La consommation excessive d'aliments et de boissons contenant des sucres ajoutés a été associée à un risque accru d'obésité et de diabète de type 2» [57]. Dans les grands titres du guide facilement accessible au grand public, on ne parle que de sucres totaux [57]. C'est seulement dans les Lignes directrices canadiennes en matière d'alimentation, un document conçu pour les professionnels de la santé et les responsables de politiques, et publié en même temps que le Guide alimentaire, qu'une recommandation de consommation de sucres libres est émise : «Les aliments et boissons transformés ou préparés qui contribuent à une consommation excessive de sodium, de sucres libres ou de lipides saturés nuisent à la saine alimentation. Ils ne devraient donc pas être consommés sur une base régulière» [14]. C'est aussi dans ce document qu'on retrouve un énoncé mentionnant de limiter à 10%^É la consommation de sucres libres, tel que proposé par l'OMS [14].

Tout comme pour d'autres nutriments d'intérêt pour l'étude et la veille de la santé des populations, il importe de connaître les niveaux actuels de consommation de sucre de notre société pour éventuellement en suivre l'évolution et déterminer les cibles d'action [58].

2. Données de consommation de sucres au Québec et au Canada

2.1. Difficulté à caractériser l'apport en sucres libres et naturellement présents

Puisque les sucres libres et les sucres naturellement présents dans les aliments ne sont pas distinguables en étudiant chimiquement leur structure, leur teneur dans les aliments ne peut être déterminée aussi facilement que la teneur en d'autres nutriments par des méthodes chimiques [4]. On ne retrouve donc que la teneur en sucres totaux sur les étiquettes de valeurs nutritives des aliments commerciaux [5] et dans la plupart des bases de données nutritionnelles comme le Fichier canadien sur les éléments nutritifs (FCÉN) [6]. Jusqu'à récemment, les États-Unis disposaient de la base de données nutritionnelles du *United States Department of Agriculture (Database for the Added Sugars Content of Selected Foods)* [59] comprenant la teneur en sucres ajoutés de certains aliments. Elle a toutefois été supprimée en 2012 en raison de la difficulté à la tenir à jour à cause des changements constants dans la formulation des produits commerciaux et puisque l'industrie demeure froide à l'idée de partager de telles informations [59]. Au Canada, comme l'Enquête de santé dans les collectivités canadiennes (ESCC) détermine l'apport nutritionnel de la population canadienne en se basant sur le FCÉN [60], il n'y a que l'apport quotidien en sucres totaux, et non en sucres libres et naturellement présents, qui est caractérisé dans les populations canadienne et québécoise. Les données les plus récentes ont été collectées

en 2015 [61], et dataient préalablement de 2004 [61,62]. En 2015, l'apport quotidien en sucres totaux rapporté était de 85g chez les adultes de 19 ans et plus [61], alors qu'il était de 93g en 2004 [61,62].

2.2. Méthodologies employées pour estimer la consommation de sucres libres au Canada

Avant la publication de nos résultats, à notre connaissance, il n'y avait pas de données précises de consommation de sucres libres et naturellement présents dans les populations canadienne et québécoise. Toutefois, des données avaient été publiées par Langlois et coll. en 2019 concernant les principales sources de sucres totaux dans la population canadienne, selon les données récoltées dans l'ESCC 2015 [61]. L'INSPQ avait également utilisé ces données afin de caractériser l'apport en sucres totaux ainsi que ses principaux contributeurs dans la population québécoise seulement [63]. Sans offrir d'estimation de la consommation de sucres libres et naturellement présents exprimée en grammes ou en pourcentage de l'énergie quotidienne, ces rapports offrent tout de même un aperçu de la distribution des sucres totaux dans l'alimentation des adultes canadiens et québécois. Autant dans le rapport canadien que québécois, les fruits sont les principaux contributeurs à l'apport en sucres totaux (17,8% et 17,3% des sucres totaux, respectivement). Au Canada, les sucres, sirops et confiseries (13,6%), les boissons gazeuses régulières (8,9%) et les produits de boulangerie (8,8%) sont les autres principales sources de sucres totaux. Au Québec, l'ordre des catégories, après la source principale (les fruits), diffère de celle observée dans l'échantillon canadien: les jus de fruits et le lait contribuent tous deux à 9,4% de l'apport en sucres totaux. La catégorie «biscuits, gâteaux» est la source de sucres totaux suivante (8,0%). Bien que la source principale de sucres totaux soit les fruits, qui ne contiennent que des sucres naturellement présents, les autres principales sources, sauf le lait, contiennent surtout des sucres libres. On peut donc penser que l'addition de tous les sucres libres provenant de toutes ces catégories d'aliments contribuent considérablement à l'apport en sucres totaux, et même à l'apport énergétique des Canadiens et des Québécois.

D'autres équipes de recherche canadiennes ont estimé l'apport en sucres libres et naturellement présents de la population canadienne, mais en n'utilisant pas une méthodologie systématique basée sur la composition des aliments. En effet, Brisbois et coll. ont utilisé les données de Statistique Canada de la disponibilité annuelle sur le marché des «sucres et sirops» (kilogrammes par personne; excluant les agents sucrants à base de maïs comme le sirop de maïs riche en fructose) et des boissons gazeuses (litres par personne; pour refléter l'apport en sirop de maïs à haute teneur en fructose). Ils ont donc calculé la consommation apparente de sucres ajoutés en proportion de l'énergie disponible (%É), en appliquant un facteur de correction pour l'estimation du gaspillage [14]. Ils ont estimé que l'énergie moyenne disponible provenant des sucres ajoutés était de 456 kcal, ce qui représente 13% de l'énergie totale disponible. Toutefois, d'autres auteurs mettent en garde que l'estimation de l'apport en sucres ajoutés évaluée à l'aide des données d'approvisionnement ne permet pas d'évaluer précisément la consommation réelle [64]. De plus, une telle approche ne permet pas de déterminer les apports

individuels. Il n'est donc pas possible de mettre en relation les données d'apports en sucres calculés de cette façon avec des variables de santé cardiométabolique individuelles tel que nous l'avons fait dans le cadre de mon projet de maîtrise.

Moubarac et coll., quant à eux, ont estimé le %É provenant des sucres libres dans la population canadienne sur la base de la consommation d'aliments ultra-transformés [15]. Ils ont caractérisé l'apport en sucres libres (%É) selon le quintile de fraction alimentaire occupée par les aliments ultra-transformés, à l'aide des données de l'ESCC 2004 et des valeurs nutritives des aliments telles que décrites dans le *Food Label Information Program*. Le *Food Label Information Program (FLIP)* est une base de données regroupant l'information nutritionnelle retrouvée sur les emballages des aliments et des boissons commerciaux du marché canadien (voir description complète à la section 3 du chapitre 2). Leurs résultats montrent que le quintile de la population consommant le moins d'aliments ultra-transformés consommerait 7,7%É provenant des sucres libres et que le quintile ayant la plus forte consommation d'aliments ultra-transformés consommerait 19,4%É provenant des sucres libres. Cette méthode ne permet pas de fournir une estimation précise de l'apport en sucre de la population et ne permet pas de comparer celui-ci aux recommandations actuelles en matière de santé.

Finalement, en 2011, Langlois et Garriguet avaient estimé la proportion de sucres libres par rapport aux sucres totaux dans l'alimentation de la population canadienne. Leurs analyses avaient permis de proposer que 35% des sucres totaux provenaient des sucres libres, en émettant les hypothèses que le sucre provenant des «autres aliments» (groupe alimentaire du Guide alimentaire canadien 2007 [65] regroupant des aliments de faible valeur nutritive dont la consommation doit être limitée) était principalement du sucre libre et que celui-ci donnerait un bon aperçu du sucre libre consommé dans l'alimentation totale [62]. Cette façon de faire occasionne une grande sous-estimation de la teneur en sucres libres étant donné qu'on en retrouve également dans davantage d'aliments que seulement dans ceux de la catégorie «autres aliments», comme dans le yogourt aromatisé, par exemple [23].

Des résultats d'une autre étude canadienne menée par Bernstein et coll. ont révélé que 64% des produits commerciaux contiennent un ingrédient contenant du sucre libre et qu'il existe 152 noms différents pour désigner ceux-ci [8]. En moyenne, le ratio de sucres libres/sucres totaux des aliments commerciaux au Canada est de 62%, mais pour plus de la moitié des catégories d'aliments évaluées, ce ratio est supérieur à 75% [8]. Ces résultats sont intéressants et renseignent sur l'omniprésence du sucre libre dans l'offre alimentaire, mais n'ont pas pour but de donner un aperçu de l'apport en sucres libres dans l'alimentation globale des Canadiens.

Bref, tel que ces exemples le démontrent, il y a un intérêt dans la communauté scientifique canadienne à caractériser l'apport en sucres libres de la population. Toutefois, à notre connaissance, il n'existait pas, ni au Québec, ni au Canada, de données de consommation de sucres libres et naturellement présents basées sur la

consommation individuelle et sur la valeur nutritive des aliments, d'où l'intérêt du premier objectif de mon projet de maîtrise, décrit au chapitre 3.

Quelques pays occidentaux ont évalué la consommation de sucres libres de leur population adulte [45,66-73]. Toutes les estimations sauf celle faite en Suisse [66] sont basées sur la définition des sucres libres de l'OMS.

Parmi les pays qui ont étudié l'apport en sucres libres de leur population, l'Espagne (7,1%É) [70], le Portugal (8,5%É chez les adultes de 18 à 44 ans et 6,3%É chez ceux de 45 à 64 ans) [74] et le Royaume-Uni (9%É) [45] présentaient une moyenne (ou médiane) de consommation inférieure à la recommandation de l'OMS (maximum 10%É provenant des sucres libres). En Suisse (11%É) [66], en Australie (11,7%É) [71] et en Allemagne (14%É) [68], la moyenne populationnelle d'apport en sucres libres excède la recommandation de l'OMS. Aux États-Unis, plutôt que l'apport en sucres libres, c'est l'apport en sucres ajoutés qui est caractérisé et qui est évalué à 13%É [75]. Sachant que l'apport en sucres libres est supérieur à l'apport en sucres ajoutés d'environ 1-2%É [45,68,69,71], on peut penser que l'apport en sucres libres de la population américaine est plus important que 13%É. Seuls quelques pays ont caractérisé l'apport en sucres naturellement présents de leur population [70,76]. Tel que décrit plus loin, on doit garder en tête que les sucres libres et les sucres naturellement présents n'ont pas tous été différenciés avec la même méthodologie, ce qui complexifie la comparaison entre les résultats des différentes études.

3. Méthodes de différenciation des sucres totaux en sucres libres et naturellement présents

3.1. Méthodes de caractérisation des apports en sucres basées sur des biomarqueurs

Des approches biologiques pour déterminer l'apport en sucres ajoutés ont déjà été envisagées et étudiées, telles que le dosage d'isotopes ou l'excrétion urinaire [77-79]. Le dosage du ratio d'isotopes de carbone 13 sur le carbone 12 dans le sang, la salive ou les cheveux permet de déterminer la consommation de sucres ajoutés provenant du maïs et de la canne à sucre, qui sont particulièrement riches en carbone 13 et qui sont aussi largement utilisés pour produire le sucre raffiné [79]. Il a été démontré que ceux qui consommaient davantage de sucre étaient plus susceptibles d'avoir un ratio de carbone 13 sur carbone 12 plus élevé [77]. Toutefois, le carbone 13 peut aussi se retrouver dans d'autres aliments tels que dans la viande d'animaux nourris avec du maïs [79]. Par ailleurs, cette méthode ne permet pas de détecter le sucre provenant de la betterave ou du miel, puisqu'ils ne contiennent pas une grande proportion de carbone 13 [79]. Cette méthode ne donne donc pas un juste aperçu de la consommation de sucres ajoutés.

La méthode de dosage de l'excrétion urinaire de sucre, quant à elle, ne permet de doser que les sucres totaux, sur une courte période de temps, et son utilisation est limitée par une importante variabilité intra-individuelle et des différences dans la perméabilité intestinale [79].

Ces méthodes sont coûteuses et doivent être améliorées avant d'être utilisées à plus grande échelle [77,79]. Même si leur objectivité semble intéressante en comparaison à la subjectivité inhérente à la collecte des apports alimentaires autorapportés, ces méthodes biochimiques ne permettent pas d'évaluer adéquatement l'apport en sucres ajoutés/libres. De plus, ces méthodologies basées sur le dosage biochimique ne permettent pas de déterminer l'apport en sucres naturellement présents, ce qui représente une particularité de la méthodologie systématique utilisée au cours de mon projet de maîtrise, qui sera décrite au chapitre 2.

Une caractérisation des apports basée sur les valeurs nutritives des aliments consommés offre un portrait de la consommation de nutriments beaucoup plus près de la réalité [79].

3.2. Méthodes de différenciation des sucres basées sur les ingrédients

Tel que mentionné, les méthodes d'évaluation de l'apport en sucres décrites ci-dessus ne sont pas adaptées à l'évaluation précise et individuelle de la consommation de sucres libres et naturellement présents. Quelques méthodes d'estimation de la teneur en sucres libres et naturellement présents dans les aliments, permettant ensuite d'en évaluer l'apport journalier, sont décrites dans la littérature [7,8,69,73,80]. Certains auteurs ont décidé d'utiliser une approche rapide en statuant que 100% des sucres totaux d'une catégorie d'aliments étaient des sucres naturellement présents ou libres/ajoutés. Cette façon de faire est plus ou moins précise puisqu'elle ne décompose pas les aliments en leurs constituants et ne permet pas de déterminer, ensuite, si le sucre dans chacun de ceux-ci est libre/ajouté ou naturellement présent. Par exemple, Sluik et coll. ont supposé que les crêpes de leur base de données contiennent 0% de sucres ajoutés [68]. Ils ont également estimé que 100% des sucres totaux des mets préparés étaient des sucres ajoutés [68], sauf pour quelques exceptions. D'autres ont choisi de cibler seulement certains groupes d'aliments pour déterminer l'apport total en sucres libres ou naturellement présents [76,81]. Par exemple, Kaartinen et coll. ont choisi de déterminer l'apport en sucres naturellement présents seulement en tenant compte des sucres provenant des fruits, des jus de fruits et des légumes [76]. Park et coll. ont estimé l'apport en équivalents en cuillères à thé de sucres ajoutés en n'additionnant que le sucre fourni par neuf aliments: «boissons gazeuses, café/thé, boissons pour sportifs/boissons énergétiques, boissons aux fruits, chocolat/bonbons, pâtisseries diverses, biscuits/gâteaux/tartes/brownies, crème glacée/desserts congelés et céréales à déjeuner chaudes et froides» [traduction libre] [82]. De telles méthodologies sont donc promptes à sous-estimer ou surestimer les quantités de sucres libres ou naturellement présents en raison de la simplicité de la méthode [76,82].

D'autres méthodes exigent des informations détaillées sur les produits alimentaires [66,79,80] telles que les recettes ou la proportion d'ingrédients [80], qui ne sont pas toujours disponibles publiquement [59] et sont coûteuses à obtenir [83]. Amoutzopoulos a proposé une nouvelle approche flexible qui peut s'adapter aux variations dans les définitions du sucre ajouté/libre [80]. Le principe de cette méthode de différenciation consiste à additionner la teneur en sucre de chacun des sept composants inclus dans la définition du sucre utilisée (ex. : sucre de table, miel, jus de fruits, etc.) [80]. Toutefois, cette méthode nécessite des informations sur la proportion de chaque ingrédient dans un produit alimentaire, qui ne sont pas toujours accessibles et qui sont difficiles à estimer avec précision en se basant uniquement sur les informations nutritionnelles et l'étiquetage des aliments [80]. L'approche de Ng et coll. tente d'apporter une solution à ce problème [83]. Ils ont utilisé une approche de programmation linéaire pour estimer la quantité de chaque ingrédient dans les produits alimentaires commerciaux en se basant sur les informations du tableau des données nutritionnelles et de la liste des ingrédients ainsi que sur la composition nutritionnelle de chacun des ingrédients [83]. Même si cette méthode permet de s'adapter facilement aux changements de formulation, elle nécessite l'utilisation de bases de données commerciales, qui sont coûteuses [83]. Bref, de nombreuses méthodes ont été développées pour estimer la teneur en sucres libres/ajoutés des aliments. Toutefois, en raison de la variété des approches, les estimations de la teneur en sucre des aliments ne sont alors pas toujours tout à fait comparables [84].

3.3. Méthodes de différenciation des sucres par algorithme

3.3.1. *Algorithme de Louie et coll.*

Louie et coll., de l'Université de Sydney en Australie, ont proposé une approche systématique pour estimer les teneurs en sucres ajoutés dans les aliments [7]. Cette méthode est conçue pour offrir une relative uniformité dans la façon de différencier les sucres. De nombreux auteurs l'ont utilisée ou l'ont adaptée pour différentes raisons, entre autres pour permettre l'estimation des sucres libres, plutôt que des sucres ajoutés [66,67,69,71-74,85].

La méthode développée par Louie et coll. est relativement simple. On doit d'abord déterminer si l'aliment pour lequel on souhaite différencier les sucres contient ou non des sucres totaux et s'il en contient, si ce sont seulement des sucres naturellement présents, seulement des sucres ajoutés ou une combinaison des deux. Ensuite, on choisit l'étape appropriée de l'algorithme. Par exemple, si l'aliment ne contient pas de sucres totaux, la teneur en sucres ajoutés sera, par définition, de 0g. La méthode comporte 10 étapes : 6 étapes objectives (ex. : aliments ne contenant pas de sucres totaux ou seulement des sucres libres ou naturellement présents) et 4 étapes subjectives (ex. : comparaison avec un produit similaire, lorsque l'aliment contient des sucres naturellement présents et des sucres ajoutés). Ces chercheurs australiens ont évalué la répétabilité de leur méthode. Deux chercheurs différents ont donc différencié les sucres des 3874 items de la base de données nutritionnelles AUSNUT2007 [7]. Pour 76% des items, les deux chercheurs ont choisi la même étape de

l'algorithme [7]. Pour les autres items, pour lesquels les chercheurs n'avaient pas choisi la même étape, soit principalement des étapes subjectives, les teneurs en sucres ajoutés attribuées n'étaient pas significativement différentes et corrélaient très bien entre elles (coefficient de corrélation de Pearson de 0,92) [7]. Globalement, la méthodologie offre une excellente répétabilité et permet d'attribuer, assez objectivement, la teneur en sucres ajoutés à des items d'une base de données nutritionnelles. En effet, pour plus de 80% des items, la différence de sucres ajoutés attribuée était inférieure à 0.5g par 100g [7]. Suivie étape par étape, la méthode est simple et efficace, ne nécessite pas une grande connaissance de la composition des aliments et peut être appliquée à d'autres bases de données [7]. Toutefois, comme la composition des aliments commerciaux change au fil du temps, le travail doit être revu périodiquement pour pouvoir tenir à jour les bases de données de sucres ajoutés [13].

3.3.2. *Algorithme de Bernstein et coll.*

Bernstein et coll., une équipe de recherche de Toronto, ont repris l'algorithme de Louie et coll. et l'ont adapté afin qu'il permette de caractériser la teneur en sucres libres des aliments plutôt que la teneur en sucres ajoutés [8]. Cet algorithme a été raccourci et comporte six étapes, au lieu de dix. Des étapes distinctes de Louie et coll. sont regroupées dans une seule étape dans l'algorithme de Bernstein et coll. Dans la version de l'algorithme de Bernstein et coll. certaines étapes de l'algorithme de Louie et coll. ont également été omises, dont les étapes qui réfèrent à des recettes pour lesquelles on effectue l'addition de la teneur en sucres ajoutés de chaque ingrédient, l'étape qui se base sur la teneur en lactose et la dernière étape, utilisée en dernier recours, où on statue que 50% des sucres totaux sont des sucres ajoutés.

Pour le présent projet de maîtrise, il s'avérait important de choisir judicieusement la méthode de différenciation des sucres. Celle que nous avons employée est basée sur la littérature récente et est inspirée de l'algorithme proposé par Bernstein et coll. [8], qui est une version modifiée de celui de Louie et coll. [7]. Notre méthodologie est décrite en détail au chapitre 2.

4. Associations entre la consommation de sucre et la santé

4.1. Portrait général de la littérature sur les associations entre la consommation de sucre et la santé

Surtout depuis une décennie, l'intérêt médiatique et scientifique pour les sucres s'est accru [3,86]. Dans les médias, le sucre est souvent décrit comme néfaste pour la santé et comme un enjeu majeur de santé publique [87,88]. Dans la littérature, le lien entre la consommation de sucre et la santé est un sujet d'actualité qui crée énormément de controverse [25,39,86]. Il est difficile de dresser un portrait clair du lien entre la consommation de sucre et la santé en fonction des données disponibles actuellement dans la littérature, pour plusieurs raisons, tel que discuté dans les quelques prochaines sections.

D'une part, le type de sucre étudié n'est pas toujours le même. À ce propos, afin d'alléger le texte qui suit faisant état du portrait de la littérature sur les liens qui existent entre la consommation de sucre et la santé, les sucres ajoutés et les sucres libres seront parfois considérés comme une seule entité (c.-à-d. sucres libres/ajoutés). Tel que mentionné précédemment, puisque la différenciation des sucres totaux en sucres libres/ajoutés et naturellement présents est un processus relativement long et que les algorithmes de référence sont relativement récents, rares sont les études qui ont évalué les associations entre l'apport en sucres libres/ajoutés, déterminé avec les valeurs nutritives des aliments consommés, et la santé. Plusieurs étudient les associations impliquant les sucres totaux ou les boissons sucrées [9], alors que d'autres étudient les associations impliquant le fructose ou le sucrose [89], ou certaines catégories ou sources d'aliments riches en sucres libres ou ajoutés [90]. Par exemple, Te Morenga et coll. ont publié une méta-analyse d'études cliniques visant à évaluer les effets des sucres libres sur la tension artérielle et les lipides sanguins [91]. Les résultats ont montré qu'une consommation plus élevée de sucres libres, comparativement à une consommation plus faible, était associée à une augmentation des triglycérides sanguins, de la tension artérielle, du cholestérol total et du cholestérol LDL [91]. Toutefois, la méta-analyse a évalué sans distinction les études cliniques à propos du fructose, du sucrose, du sirop de maïs riche en fructose, des boissons sucrées, des glucides simples, etc. Tel que discuté plus loin, comme les types de sucres n'auraient pas tous les mêmes effets sur la santé, il est donc difficile, en se basant sur les résultats de cette méta-analyse, de tirer une conclusion juste.

D'autre part, les conclusions d'une étude évaluant les associations entre un certain type spécifique de sucre et des variables de santé sont parfois appliquées, à tort, à d'autres catégories de sucre. Comme certains sucres ou sources de sucres sont plus faciles à étudier que d'autres d'un point de vue méthodologique, on doit faire attention de ne pas généraliser à tous les types de sucres les résultats obtenus en étudiant l'effet des boissons sucrées ou des sucres totaux ou de grandes doses de fructose, par exemple. Malgré qu'on puisse émettre l'hypothèse que les sources principales de fructose ou de sucrose soient surtout des aliments riches en sucres libres, on doit garder en tête que d'étudier ces sucres individuels ne permet pas de savoir s'ils proviennent, par exemple, de boissons gazeuses, d'aliments ultra-transformés ou de fruits. En effet, certains affirment que le sucre en tant que tel est néfaste pour la santé et font référence au métabolisme particulier du fructose pour appuyer leur propos [92,93]. Le même problème de généralisation des résultats s'applique lorsque les sucres totaux sont évalués, puisque leur étude ne permet pas de distinguer s'il s'agit de sucres libres/ajoutés ou de sucres naturellement présents, qui, tel que discuté à la prochaine sous-section (4.1.1), auraient des effets divergents sur la santé [9]. Par exemple, des méta-analyses et des revues systématiques n'ont pas montré d'association entre la consommation de sucres totaux et le risque de diabète [9,94]. Des analyses de données populationnelles américaines (NHANES) ont aussi montré qu'il n'y avait pas d'association entre une augmentation du %É provenant des sucres et la résistance à l'insuline et la CRP, qui sont des marqueurs de santé cardiovasculaire [95]. Toutefois, on ne peut savoir, seulement avec ces résultats, si les deux types de

sucres inclus dans la définition des sucres totaux (libre/ajoutés et naturellement présents) ne démontrent tous deux pas d'association avec les variables étudiées ou si leurs effets sont plutôt contraires et que de les étudier ensemble occasionne un effet nul. Ainsi, considérer ensemble les sucres libres/ajoutés et naturellement présents peut mener à des conclusions biaisées.

Par ailleurs, ce qui complique l'analyse de l'effet du sucre sur la santé est que dans les études cliniques, l'effet de l'apport en sucre est parfois évalué dans un contexte *ad libitum* et parfois dans un contexte isocalorique. Un contexte d'apport *ad libitum* implique que l'apport en sucre peut se produire en surplus de l'apport calorique de base et donc faire augmenter celui-ci [25]. Un contexte isocalorique implique, quant à lui, que l'apport énergétique combiné du sucre et de la diète rencontre les besoins pour maintenir l'équilibre énergétique [25]. Les conclusions que l'on peut tirer de ces deux types d'études ne sont pas les mêmes et sont difficilement conciliables [25]. Dans le premier cas, qui ressemble davantage au contexte de vie réelle, on peut étudier comment une alimentation riche en sucre est associée à la santé, sans toutefois pouvoir étudier l'effet direct du sucre, indépendamment de l'apport calorique [25]. Dans le deuxième cas, on peut étudier l'effet intrinsèque du sucre sur la santé, indépendamment de l'apport énergétique [25].

Ensuite, une autre raison expliquant la difficulté de dresser un portrait de la littérature provient du fait que les résultats de certaines études, et même quelques études elles-mêmes, ont été remis en question. Certes, la consommation de sucres ajoutés a été associée à «[...] une augmentation du risque d'obésité, de maladies cardiovasculaires, incluant la dyslipidémie, une tension artérielle plus élevée, le diabète, la stéatose hépatique non alcoolique, et même à une augmentation du risque de déclin cognitif et de cancer» [traduction libre] [86]. Toutefois, les données utilisées pour tirer ces conclusions ont parfois été critiquées pour différentes raisons : doses de sucres ajoutés largement supérieures aux quantités consommées dans la «vraie vie» [86,96] ou étude du fructose et du glucose, qui sont rarement consommés tels quels et seuls dans l'alimentation normale [86]. Pour ajouter à la controverse, les articles spécifiquement publiés dans le but de réfuter ou nuancer les résultats de d'autres études abondent. Certains en accusent d'autres d'être financés par l'industrie alimentaire, qui a un intérêt à ce que le sucre «ne soit pas si mauvais pour la santé» afin que les consommations individuelles et à grande échelle ne soient pas diminuées [25], ou de ne pas avoir déclaré ces liens pécuniaires [97].

Par ailleurs, la façon d'introduire certains articles scientifiques ou de rapporter les résultats de ceux-ci dans les médias, peuvent entretenir des raisonnements peu nuancés et rendre difficile l'analyse de la littérature. En guise d'introduction de leurs publications scientifiques portant sur les sucres, nombre d'auteurs mentionnent que le sucre est responsable de bien des problèmes de santé [98] et affirment que les sucres ajoutés sont associés à des effets néfastes sur la santé, dont le gain de poids et des maladies cardiovasculaires [78,99], en prenant parfois des raccourcis, sans réellement apporter de nuances, tel que discuté dans les prochaines sections. Malheureusement, la façon dont les résultats d'études sont parfois rapportés dans les médias n'aide pas non

plus à nuancer l'opinion populaire, ni même les propos scientifiques [86]. La façon dont les médias ont parfois de parler indistinctement de «sucres» ou de sucres totaux, n'aide pas à clarifier le portrait [88]. Ceci peut entretenir l'idée que les sucres en général sont mauvais pour la santé alors que, tel que présenté plus loin, le sujet est beaucoup plus complexe. Même des groupes reconnus œuvrant à la prévention de maladies chroniques, comme la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC du Canada, émettent des recommandations pour le grand public qui peuvent nourrir la réflexion que le sucre, sans préciser son origine, est néfaste pour la santé cardiovasculaire. Effectivement, parler de l'effet du sucre sur la santé de façon aussi vague peut porter à confusion : «Une consommation excessive de sucre est associée aux maladies du cœur, à l'AVC, à l'obésité, au diabète, à l'hypercholestérolémie, au cancer et aux caries dentaires [100]». Les différentes nuances à prendre en considération lorsqu'on veut dresser un portrait clair du lien entre la consommation de sucres et la santé seront abordées dans les prochaines sections.

Finalement, contrairement aux messages parfois sans nuances à propos des sucres véhiculés dans les médias grand public, comme dans le contexte de promotion de diètes amaigrissantes déplorablement populaires, on dénote que l'OMS reste elle-même prudente quant aux recommandations de consommation de sucres libres émises en 2015 dans son rapport *Sugar intake for adults and children* [41]. En effet, les prochaines lignes montrent la prudence du discours de l'OMS.

Premièrement, l'OMS précise que l'effet de la consommation de sucres libres sur le poids ne serait pas direct [41]. C'est ce que la méta-analyse servant d'évidence pour émettre la recommandation de consommation de sucres a conclu [49]. En effet, cette méta-analyse d'études cliniques randomisées commandée par l'OMS a montré une association entre la diminution de la consommation de sucres libres et une diminution du poids (-0.80 kg), tandis qu'une augmentation de la consommation de sucres libres (principalement sous forme de boissons sucrées) a été associée à une augmentation équivalente du poids (+0.75 kg) [41,49]. Dans les études où le sucre libre était remplacé de façon isocalorique par d'autres glucides, donc lorsque l'apport en énergie demeurait similaire, aucune différence dans le poids n'était observée [41]. L'OMS conclut donc que le gain de poids occasionné par une augmentation de l'apport en sucres libres serait plutôt expliqué par une augmentation de l'apport calorique concomitant [41,49]. L'OMS prévient également que des essais cliniques de plus longue durée (plus de 8 semaines), évaluant l'effet d'une augmentation ou d'une diminution de la consommation de sucres libres sur le poids, seraient nécessaires [41].

Deuxièmement, bien que l'OMS recommande de limiter l'apport en sucres à 10% afin de diminuer le risque de caries et de gain de poids, elle mentionne également qu'il faudrait évaluer mieux le seuil au-delà duquel l'apport en sucres libres augmente le risque de «[...] gain de poids malsain, d'obésité et de d'autres maladies non transmissibles qui leur sont reliées» [traduction libre] [41].

Troisièmement, les évidences derrière la recommandation de l'OMS ne montrent pas que le sucre libre est directement associé à un risque augmenté de maladies chroniques [41]. Les évidences appuient toutefois l'idée que l'apport en sucre peut entraîner un surplus calorique, qui peut entraîner un gain de poids, qui peut à son tour augmenter le risque de maladies chroniques [41]. Dans son rapport, l'OMS souligne d'ailleurs qu'il faudrait des revues systématiques et des méta-analyses évaluant le lien entre l'apport en sucres libres et des variables de santé cardiometabolique telles que les taux de lipides sanguins, la tension artérielle et des variables de santé associées au diabète (glycémie, insulinémie, syndrome métabolique, prédiabète, résistance à l'insuline) [41].

Bref, selon le rapport de l'OMS, le lien entre la consommation de sucres libres et la santé n'est pas certain, et n'est probablement pas direct. Il est prévu que les recommandations seront réévaluées en 2020 [41]. Au fil des prochaines sections, en discutant des nuances à apporter quant aux types et aux sources de sucres, on comprendra un peu mieux pourquoi le lien entre sucre et santé n'est pas si clair et généralisable.

4.1.1. Types de sucres : libres/ajoutés vs naturellement présents

Tel que mentionné, étudier les sucres totaux ne permet pas de bien comprendre le lien entre la consommation de sucre et la santé. Il importe d'abord de différencier les sucres totaux en sucres libres/ajoutés et naturellement présents puisque, tel que le démontrent les quelques exemples suivants, qui sont d'ailleurs rares dans la littérature, ceux-ci ne semblent pas associés de la même façon à différentes variables de santé [9]. Par ailleurs, les résultats peuvent également différer parmi les études évaluant le même type de sucre, selon la forme physique dans laquelle il est consommé. Cet aspect sera discuté à la section suivante.

Dans une étude prospective américaine menée par Yang et coll., la consommation de sucres ajoutés a été associée à un risque accru de mortalité liée aux maladies cardiovasculaires [101]. Les individus consommant entre 17% et 21% sous forme de sucres ajoutés (4^e quintile) avaient un risque de mortalité liée aux maladies cardiovasculaires 38% plus important que ceux qui consommaient environ 8% sous forme de sucres ajoutés [101]. Dans une autre cohorte prospective américaine, Tasevska et coll. ont plutôt montré que ceux consommant le plus de sucres ajoutés (5^e quintile) n'avaient généralement pas un risque augmenté de mortalité, comparativement à ceux consommant le moins de sucres ajoutés (1^{er} quintile) [93]. Le portrait se précisait quand les sources liquides et les sources solides de sucre étaient considérées de façon distincte [93], tel que discuté dans la prochaine section.

O'Connor et coll. ont publié une étude observationnelle transversale, qui, à notre connaissance, est une des seules à avoir évalué l'effet des sucres libres et non libres (c.-à-d. naturellement présents) sur des marqueurs de santé cardiometabolique (hémoglobine glyquée, résistance à l'insuline, CRP et score Z de syndrome métabolique) dans un échantillon d'adultes [90]. Leurs résultats ont montré que les sucres libres étaient associés

positivement à l'hémoglobine glyquée, la CRP et le score Z de syndrome métabolique, alors que les sucres naturellement présents n'y étaient pas associés ou étaient négativement associés (avec la CRP) [90].

Les sucres libres/ajoutés sont généralement associés à un profil de santé détérioré. Toutefois, les conclusions des études sur le lien entre la consommation de sucres libres/ajoutés et des variables de santé, le développement de maladies chroniques comme le diabète ou des maladies cardiovasculaires ou la mortalité sont parfois divergentes [86], selon la source alimentaire, tel que discuté plus loin. Concernant les sucres naturellement présents, il semble y avoir peu d'ambiguïté : ceux-ci montrent soit aucune association avec des variables de santé ou soit des associations favorables. Même si les études évaluant les associations entre l'apport en ces deux types de sucre (libres/ajoutés et naturellement présents) et des variables de santé cardiometabolique sont rares [102], il semble qu'on doive bel et bien faire la différence entre les deux si on souhaite étudier de façon juste le lien entre la consommation de sucres et la santé.

En effet, il est reconnu que la consommation de fruits et de produits laitiers, dont le yogourt, est associée favorablement à la prévention de diverses maladies non transmissibles comme le diabète [37,103]. Pourtant ces aliments contiennent naturellement du sucre, parfois de façon importante. D'un point de vue métabolique, il semble étonnant que le même sucre soit associé de façon divergente à des variables de santé selon l'aliment d'où il provient. Diabète Canada affirme que bien que les sucres libres et naturellement présents soient métabolisés de la même façon, les sucres libres, comme ils ne sont pas attachés à une matrice alimentaire, sont digérés et absorbés plus rapidement [24].

Le simple fait que les fruits et les boissons sucrées, deux aliments riches en sucres, aient des effets divergents sur diverses variables de santé cardiometabolique montre que l'explication du lien entre le sucre et la santé va au-delà de l'aspect métabolique. Cette affirmation semble encore plus logique si on remarque que les aliments riches en sucres libres contiennent souvent peu d'éléments nutritifs, tandis que les aliments riches en sucres naturellement présents ont une plus haute valeur nutritive [24]. En effet, généralement, les aliments riches en sucres naturellement présents, dont les fruits, sont aussi riches en nutriments ayant des effets bénéfiques sur la santé, comme des fibres et des vitamines [104,105]. Par exemple, comme hypothèse pour expliquer le lien protecteur entre la consommation de fruits et le risque de mortalité, Schwingshackl et coll. mentionnent le contenu en fibres des fruits qui améliorerait la réponse insulémique [103]. Au contraire, certains aliments riches en sucres libres/ajoutés contiennent aussi du sodium ou des gras saturés, qui ont plutôt des effets néfastes démontrés sur la santé [15]. Donc ce ne serait pas tellement le sucre en tant que tel qui aurait une influence sur la santé, mais plutôt l'aliment dans lequel on le consomme. Ceci suggère donc que l'aliment duquel provient le sucre joue un rôle important [76] et qu'il y a probablement d'autres nutriments ou composantes des aliments qui modulent l'effet métabolique du sucre, d'où l'importance de différencier les sucres libres/ajoutés des sucres naturellement présents.

Aussi, le regroupement des formes solides et liquides de sucres libres/ajoutés pose problème et peut entraîner des conclusions biaisées, puisque les associations entre le sucre dans les aliments solides et la santé seraient différentes de celles observées entre le sucre dans les boissons sucrées et la santé. Le lien entre le sucre dans les aliments solides et la santé est d'ailleurs moins bien compris et entraîne davantage de controverse [11].

Donc, afin de dresser un portrait plus juste et pour mieux se prononcer sur l'impact du sucre sur la santé, il importe d'étudier plus précisément le type de sucre, mais aussi la forme dans laquelle le sucre est consommé [10].

4.1.2. Forme dans laquelle le sucre libre/ajouté est consommé : sources liquides vs solides

Plutôt que de s'intéresser à l'apport en sucres ajoutés à titre de nutriment, une autre avenue de recherche explorée est l'étude des associations entre la consommation de catégories d'aliments riches en sucres ajoutés et des variables de santé. Différents aliments, pourtant tous riches en sucres ajoutés, n'ont pas été associés de la même façon au risque de maladies chroniques, de mortalité et à des marqueurs de santé cardiometabolique [93,102].

Une étude transversale a montré que le %É provenant des sucres libres des boissons sucrées, source de sucres libres liquides, était associé positivement à l'IMC et au tour de taille, tandis que le %É provenant des sucres libres des aliments solides était négativement associé à l'IMC, au tour de taille, et à la pression artérielle diastolique [102]. Wang et coll., quant à eux, ont étudié de façon prospective sur 2 ans l'effet des sucres ajoutés de sources liquides et solides sur l'homéostasie du glucose et la résistance à l'insuline dans une cohorte canadienne de jeunes à risque d'obésité [106]. Ils ont montré que ce serait davantage les sucres ajoutés de sources liquides, et non les sucres ajoutés de sources solides, qui auraient une incidence défavorable sur la santé (dans ce cas-ci : un plus grand risque d'une glycémie à jeun augmentée et d'une plus grande résistance à l'insuline) [106]. O'Connor et coll. ont évalué l'effet des sucres de sources solides et liquides, en ne différenciant toutefois pas les sucres totaux pour ces analyses (c.-à-d. sucres ajoutés et naturellement présents analysés ensemble) [90]. Les résultats montrent tout de même qu'un plus grand apport en sources liquides de sucres est associé à une plus grande résistance à l'insuline ainsi qu'à une CRP et un score Z de syndrome métabolique plus élevés, alors qu'un apport plus important en sources solides de sucres n'était pas associé à ces facteurs, ou y étaient favorablement associés [90]. Une revue narrative a conclu que la consommation de sucres sous forme liquide comporte un plus grand risque de développer un syndrome métabolique comparativement à la consommation de sucres sous forme solide [10].

Concernant la mortalité, une augmentation du risque n'a été associée qu'avec le sucre provenant des boissons [93]. Le sucre provenant des aliments solides, quant à lui, a été inversement associé, donc de manière protectrice, au risque de mortalité [93]. Une autre étude s'est aussi intéressée aux associations entre différentes sources de sucre et la mortalité [107]. Les boissons sucrées ont été associées à un risque augmenté de

mortalité, tandis que les pâtisseries (dont les biscuits, gâteaux et tartes) ont, quant à elles, été associées à un risque diminué de mortalité [107]. La crème glacée, une autre source solide de sucres ajoutés, a également été associée, étonnamment, à un effet bénéfique sur la santé, soit une diminution du risque de diabète de type 2 [37]. Les auteurs utilisent le résultat de cette dernière association non pas pour promouvoir la consommation de crème glacée en prévention du diabète, mais plutôt comme exemple pour rappeler que la relation entre la consommation de sucre et le développement de maladies est complexe [37] et qu'il ne faudrait donc pas se fier seulement au sucre en tant que nutriment, mais aussi à la forme dans laquelle il est véhiculé. Tel que ces exemples le démontrent, la forme dans laquelle le sucre est consommé a une importance lorsqu'on évalue l'effet du sucre sur des variables associées à la santé : ce serait davantage le sucre libre/ajouté sous forme liquide qui serait associé à une santé cardiométabolique détériorée, plutôt que le sucre sous forme solide.

Les effets des boissons sucrées, sources liquides de sucres libres, sur des variables de santé et sur l'incidence et le développement de maladies chroniques sont largement étudiés, contrairement à l'effet du sucre dans l'alimentation globale et provenant plus spécifiquement des aliments solides [10,23,49]. D'ailleurs, les études visant à comparer les effets sur la santé des sources liquides de sucre, à ceux des sources solides de sucre, sont assez rares [25,102]. Ce sont donc surtout des études portant sur la consommation de boissons sucrées qui constituent une grande part de la littérature quant aux liens entre le sucre et la santé. Les résultats de celles-ci convergent généralement vers l'évidence d'effets néfastes sur la santé [107]. Les boissons sucrées, qui incluent notamment les jus de fruits, les boissons gazeuses, les boissons pour sportifs et les cafés sucrés, font l'objet de plusieurs études puisqu'il s'agit d'une source importante de sucres libres dans la diète occidentale [102]. Il s'agit aussi d'un comportement alimentaire relativement facilement modifiable [18], qui en fait une cible d'action intéressante. Différentes hypothèses quant aux mécanismes expliquant les effets néfastes propres aux sucres libres/ajoutés consommés sous forme liquide sur la santé ont été émises dans la littérature.

Une étude clinique en chassé-croisé a justement étudié l'impact des sucres ajoutés de source solide et liquide sur l'apport énergétique total et le poids [108]. Pendant quatre semaines, les participants devaient consommer quotidiennement 450 kilocalories sous forme de bonbons *jellybeans* ou de boissons gazeuses [108]. Ensuite, après quatre semaines d'arrêt, ils devaient consommer l'autre source de sucre pendant quatre semaines également [108]. Les résultats ont montré que l'apport énergétique s'ajustait bien aux besoins pendant la phase de consommation des *jellybeans*, tandis que pendant la phase de consommation des boissons sucrées, aucune compensation énergétique n'avait lieu [108]. Ainsi, la phase de consommation des boissons sucrées a engendré une prise de poids [108].

La consommation de boissons sucrées entraîne un gain de poids excessif [109] et est associée à un plus grand risque de diabète de type 2 [110,111]. Dans une méta-analyse d'études prospectives, il a été démontré qu'une consommation plus importante de boissons sucrées, soit l'équivalent d'une portion de plus par jour, était

associée à un risque augmenté de 18% et de 13% de développer le diabète de type 2, avant et après ajustement pour l'adiposité, respectivement [110]. L'effet des boissons sucrées serait donc, en partie, indépendant de l'augmentation de l'adiposité concomitante à leur consommation [110]. Il a été estimé que 8,7% de l'occurrence des cas de diabète de type 2 en 10 ans aux États-Unis serait attribuable à la consommation de boissons sucrées [110].

Même si ce sont en fait les mêmes sucres que l'on retrouve dans les deux cas (sources liquides et solides de sucres libres/ajoutés), les sources solides de sucre induiraient un plus grand sentiment de satiété que les sources liquides de sucre, ce qui expliquerait que la consommation de ces dernières n'engendre pas de mécanismes de compensation énergétique adéquats, encourage un bilan énergétique positif et entraîne un gain de poids [49,102,109]. Le fait que les sources solides de sucre doivent être mastiquées, contrairement aux sources liquides de sucre, dont de grandes quantités peuvent être ingérées et absorbées rapidement [90,109], permettait une meilleure réponse des signaux de satiété [102]. Aussi, généralement, les boissons sucrées entraînent un surplus calorique par rapport à la diète de base, tout en étant très peu intéressantes d'un point de vue nutritionnel [109].

Par ailleurs, les sources solides de sucre libre fournissent une certaine matrice dans laquelle on retrouve parfois d'autres nutriments tels que des fibres, des protéines et des matières grasses, qui influent également sur la vitesse d'absorption des sucres [90]. Contrairement aux sources solides de sucres, l'absorption des boissons sucrées ne peut être ralentie par aucun autre nutriment, puisqu'elles ne contiennent pratiquement que du sucre libre [90,112]. Une grande consommation de boissons sucrées, qui sont rapidement absorbables, entraîne également une importante charge glycémique, qui aurait des impacts métaboliques néfastes [113]. Les boissons sucrées semblent également avoir un effet métabolique direct et particulier, indépendamment du gain de poids, soit une augmentation du dépôt de graisses au niveau viscéral et au niveau du foie, en plus d'avoir un effet néfaste sur les lipides sanguins [49].

Toutefois, contrairement aux boissons gazeuses, les jus de fruits, qui sont également considérés dans la catégorie des boissons sucrées, n'ont pas été clairement associés avec le diabète et les maladies cardiovasculaires [37]. Certes, les jus de fruits contiennent quelques composantes favorables à la santé que les boissons gazeuses ne contiennent pas, comme des antioxydants et certains nutriments [10], mais il n'en demeure pas moins que ce sont des sucres libres consommés sous forme liquide, tout comme les boissons gazeuses. Lors de l'étude de l'effet des boissons sucrées, il demeure tout de même logique de regrouper les jus de fruits avec les boissons gazeuses, puisque globalement, leurs effets sur la santé sont davantage similaires comparativement à ceux des fruits entiers [111]. Toutefois, leur distinction nous incite à penser que d'autres facteurs de plus grande envergure que la forme sous laquelle le sucre est consommé auraient aussi une

importance, comme le repas que la boisson accompagne, le contexte de consommation et les autres aliments consommés dans le patron alimentaire.

Généralement, la consommation de boissons sucrées est associée à une moins bonne qualité alimentaire globale [23] et à de moins bonnes habitudes de vie, qui ne sont pas à négliger lorsqu'on regarde le lien entre l'apport en boissons sucrées et la santé. Par exemple, il a été démontré que les consommateurs de boissons gazeuses, en plus d'ingérer une grande quantité de sucres libres provenant de ces boissons, sont moins actifs physiquement et fument davantage, consomment plus de collations, ont un apport énergétique plus important et une moins bonne qualité alimentaire [37]. Certains auteurs affirment que d'étudier le lien entre sucre et santé en ne regardant que la molécule de sucre elle-même n'est pas la bonne façon de faire, puisque rarement un nutriment est consommé seul [37]. Un tel point de vue ne permet pas de bien comprendre les relations complexes entre les aliments et les maladies chroniques [37]. D'autres ont affirmé que la consommation de sucre, surtout celle de boissons sucrées, serait en fait un marqueur d'une faible qualité globale de la diète, d'un apport calorique élevé, d'habitudes de vie malsaines ou de facteurs non modifiables comme un statut socio-économique faible [10,18,86]. En étudiant les associations entre les boissons sucrées et la santé, il peut être difficile, voire impossible, de dissocier complètement l'effet des boissons sucrées de celui de ces autres facteurs. Ainsi, en mesurant l'effet la consommation de boissons sucrées sur des marqueurs de santé, peut-être mesure-t-on également, du moins en partie, l'effet des autres facteurs sous-jacents associés, malgré les multiples ajustements des modèles statistiques.

4.2. Contexte global : Mode de vie sédentaire et régime alimentaire occidental

Certes, la consommation de sucre a augmenté dans les dernières décennies, mais l'apport énergétique quotidien a également augmenté. En effet, de 1965 à 2008, l'apport calorique a augmenté d'environ 120 kcal par jour chez ceux qui ont un niveau socioéconomique élevé [114]. De plus, les aliments ultra-transformés, de faible qualité nutritionnelle, occupent une place plus importante dans l'offre alimentaire et l'alimentation occidentales [115], soit près de la moitié de l'apport énergétique quotidien des Canadiens de tous âges [116]. Au début de la décennie, des chercheurs brésiliens ont proposé une classification des aliments basée sur leur degré de transformation : la classification NOVA, dont le groupe d'aliments le plus transformés est constitué des aliments ultra-transformés [117]. Il s'agit des aliments «[...] prêts à manger ou prêts à être réchauffés, avec peu ou pas de préparation» [traduction libre] [117]. Les aliments ultra-transformés contiennent une longue liste d'ingrédients qui sont souvent eux-mêmes considérés comme ultra-transformés et/ou qui ne sont pas utilisés dans des préparations culinaires maison [115]. Dans le Guide alimentaire canadien, on réfère au même type d'aliments, mais en utilisant les termes «aliments hautement transformés» [14]. Ceux-ci sont définis comme une «catégorie d'aliments [...] incluant les ingrédients industriels obtenus à partir de l'extraction, du raffinage ou de la transformation d'éléments des aliments à l'état brut» [14]. L'industrie a trouvé le moyen de rendre ces aliments

attrayants et abordables [116], ce qui encourage leur surconsommation [118] et contribue à l'apport excessif en énergie et, ultimement, à l'augmentation de la prévalence de l'obésité [38]. Les aliments ultra-transformés sont aussi associés à une moins bonne qualité alimentaire globale [116], à une moins grande consommation de fruits et légumes et à un plus grand risque de maladies cardiovasculaires (augmentation de 12% du risque de maladies cardiovasculaires pour une augmentation de 10% de la proportion d'aliments ultra-transformés dans la diète) [15].

Leur consommation est également fortement associée à l'apport en sucres libres [12], mais cette catégorie d'aliments fournit également de grandes quantités de gras, de sodium, de kilocalories [14] et d'additifs, en plus de fournir peu de fibres, de vitamines et de nutriments [15,116]. Il peut donc être difficile de dissocier l'effet du sucre lui-même de celui du gras contenu dans ces mêmes aliments, par exemple, ou de la mauvaise qualité nutritionnelle d'une diète contenant une certaine part d'aliments ultra-transformés.

Des changements dans notre environnement ont probablement aussi contribué, de près ou de loin, à un comportement de surconsommation de kilocalories et de sucre. Pensons par exemple aux porte-gobelets dans les automobiles qui, durant la décennie de 1980, ont probablement contribué, en partie du moins, à normaliser la consommation d'aliments et de boisson faciles et rapides à manger, souvent riches en énergie, à toute heure du jour [28]. Les gens mangent beaucoup d'aliments préparés, cuisinent peu [114] et la qualité de la diète demeure faible et préoccupante [119].

En plus de la diminution de la qualité alimentaire, d'autres facteurs modifiables dans le mode de vie des populations, comme le tabagisme, la sédentarité et la consommation d'alcool, qui ont bouleversé les sociétés relativement tous en même temps, ne sont également pas étrangers à l'épidémie de maladies chroniques et constituent des cibles d'action pour la prévention des maladies non transmissibles identifiées par l'OMS [120]. L'obésité et les maladies chroniques qui y sont associées sont multifactorielles et on retrouve plusieurs facteurs de risque dans l'alimentation et le mode de vie des sociétés actuelles, dont la consommation importante de sucre fait partie. En effet, lorsqu'on tente d'étudier l'impact de la consommation du sucre provenant des boissons sucrées, mais aussi de l'alimentation en général, sur la santé, il faut garder en tête que derrière celle-ci, se cachent de multiples facteurs. Ces facteurs sont associés, ou même, pour certains, probablement directement liés, à la consommation de boissons sucrées et de sucre, et peuvent montrer, eux aussi, des associations avec des marqueurs de santé cardiometabolique. Un élément qui est justement à la base de la controverse actuelle dans la littérature sur le lien entre la consommation de sucre et la santé repose sur le fait que le sucre n'est pas considéré de la même façon par tous les auteurs. Certains considèrent le sucre comme ayant un effet métabolique indépendant sur la santé [25], alors que d'autres le considèrent plutôt comme un indicateur d'une moins bonne qualité alimentaire [13], qui elle, serait associée à diverses maladies chroniques [16]. D'autres affirment également que l'effet du sucre sur la santé ne serait pas direct, mais plutôt indirect et qu'il dépendrait

de l'apport énergétique et du gain de poids [121]. Comme les boissons gazeuses pourraient l'être, le sucre libre pourrait aussi être un marqueur du patron alimentaire global dense en kilocalories [86].

Bref, lorsqu'on étudie le lien entre la consommation de sucre et les maladies chroniques, le type de sucre et la forme sous laquelle il est consommé, la qualité alimentaire globale et plusieurs autres facteurs de risque doivent être pris en compte.

4.3. Pertinence et place de nos travaux dans la littérature

Afin de comparer la consommation de sucres libres de notre population aux recommandations en vigueur, il importe de la caractériser, ce qui, à notre connaissance, n'a jamais été fait avec des données de consommation individuelles au Québec ni au Canada. La Fondation des maladies du cœur et de l'AVC recommande d'ailleurs aux chercheurs de «mener des recherches pour quantifier les sucres libres dans l'offre alimentaire canadienne et mesurer la consommation de sucres libres chez les Canadiens [...]» [traduction libre] [58].

Même si le processus de différenciation des sucres que nous avons appliqué rigoureusement est assez accessible, tel que décrit au prochain chapitre, il demeure qu'il s'agit d'une procédure relativement longue et quelque peu délicate [79] à utiliser puisqu'une réflexion entoure la différenciation des sucres de chaque item de la base de données. On comprend donc pourquoi relativement peu d'équipes de recherche se sont intéressées à caractériser l'apport en sucres libres/ajoutés et naturellement présents de leur population et que la littérature quant aux effets de ces deux types de sucres sur la santé est peu abondante.

En effet, afin de mieux comprendre les relations complexes entre la consommation de sucre et la santé, il importe d'aborder la question sous certains angles peu étudiés dans la littérature jusqu'à présent. Tybor et coll. ont épluché la littérature dans le but d'identifier les champs de la recherche sur le sucre qui ont été plus ou moins considérés [3]. Dans une cartographie des évidences (*evidence map*), ils ont suggéré quelques questions de recherche peu explorées [3]. Parmi celles-ci, certaines ont justement trait au type de sucre et à la forme sous laquelle il est consommé :

- Est-ce que la source de sucre (c.-à-d. aliments ou boissons) modifie l'effet de l'apport en sucres sur l'apport calorique total, le poids et la composition corporelle ? [traduction libre] [3]
- Est-ce que le type, la forme, la source ou le moment de la consommation de sucre ont des effets différents sur des marqueurs de maladies cardiovasculaires ? [traduction libre] [3]

À notre connaissance, aucune étude canadienne n'a évalué les associations entre les différents types de sucre (libres et naturellement présents) de source liquide (boissons) et de source solide et de multiples variables de

santé cardiométabolique, en ajustant pour la qualité de la diète et pour d'autres facteurs confondants, dans une population adulte.

Chapitre 2 – Considérations méthodologiques

Tel que décrit précédemment, les sucres libres et les sucres naturellement présents ne peuvent être distingués chimiquement. Afin d'en caractériser les apports dans une population, on doit donc, d'abord, les différencier manuellement. La première étape de mon projet de maîtrise a donc consisté à développer un algorithme inspiré de ceux présentés dans la littérature afin de différencier les sucres totaux de tous les aliments et recettes de la base de données nutritionnelles (R24W) utilisée dans le cadre du projet de recherche PREDISE, duquel les données utilisées proviennent. Les sections de ce chapitre détaillent certains aspects méthodologiques de mon projet. Des descriptions plus étoffées se retrouvent dans les sections *Methods* des articles présentés aux chapitres 4 et 5.

1. PREDISE

L'échantillon étudié provient du projet PREDISE (PRÉDICTeurs Individuels, Sociaux et Environnementaux) dont l'objectif principal est d'identifier les déterminants de l'adhésion aux principes de la saine alimentation [122]. À l'échelle de la province de Québec, 1047 participants âgés entre 18 et 65 ans ont été recrutés entre août 2015 et avril 2017. L'échantillon est représentatif de la population québécoise adulte francophone provenant des cinq régions administratives incluses dans l'étude (Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches, Estrie, Mauricie, Montréal and Saguenay-Lac-St-Jean), en termes d'âge et de sexe. Sur la plateforme web du projet, les participants ont complété divers questionnaires (sociodémographiques, médicaux, etc.) ainsi que 3 rappels de 24h. Ils étaient ensuite invités pour une visite au centre de recherche de leur région administrative pour des mesures anthropométriques et de la tension artérielle, ainsi que pour un prélèvement sanguin [119]. Parmi tous les participants au projet, 1019 se sont présentés, à jeun, dans un centre de recherche affilié.

2. R24W

Notre version de l'algorithme, décrite à la prochaine section, a été appliquée, étape par étape, à chacun des items de la base de données nutritionnelles R24W, utilisée pour les projets de recherche à l'INAF. Celle-ci regroupe 2669 items (aliments et recettes) que les participants du projet PREDISE pouvaient sélectionner lors de la complétion de leurs trois rappels de 24h web auto-administrés [123-126]. Les valeurs nutritives de la majorité des aliments du R24W sont liées au Fichier canadien sur les éléments nutritifs (FCÉN ; version 2015, soit la plus récente). Toutefois, quand l'aliment n'existe pas dans le FCÉN, les valeurs nutritives proviennent de la base de données du *United States Department of Agriculture (USDA) Nutrient Database for Standard Reference* [127] (5,8% des items du R24W). Le R24W contient les valeurs nutritives de 1203 recettes créées manuellement dans le logiciel Nutrific®, qui permet la saisie de journaux alimentaires et de recettes et dont les

valeurs nutritives des ingrédients sont également liées au FCÉN [128]. Comme seules les teneurs en sucres totaux sont présentes dans le FCÉN et dans la base de données du USDA, on ne retrouvait également que les valeurs de sucres totaux dans le R24W, d'où la nécessité de les différencier en sucres libres et sucres naturellement présents afin de rencontrer les objectifs de mon projet de maîtrise (décrits au chapitre 3). Dans la version 2015 du FCÉN, pour 81,6% des items, une teneur en sucres totaux est disponible. Comme ce ne sont pas tous les items du FCÉN qui se retrouvent dans le R24W, le pourcentage d'items ayant une valeur de sucres totaux est différent dans le R24W, soit 95,7%. Ce sont donc 115 items de la base de données, faisant référence à des aliments individuels, qui se sont vus attribuer une valeur de sucres totaux manuellement. La valeur de sucres totaux a été déterminée proportionnellement au ratio glucides/sucres totaux d'un aliment semblable, en se fiant à l'étiquette de valeurs nutritives d'un aliment commercial similaire ou en se référant à *FLIP* (description ci-dessous).

3. Food Label Information Program (FLIP)

Cette base de données administrée par une équipe de recherche de Toronto (Bernstein et coll.), mise à jour aux trois ans, regroupe l'information nutritionnelle retrouvée sur les emballages de plus de 10 000 aliments 15 342 aliments et de boissons commerciaux par cycle, provenant du marché canadien, collectée manuellement [8]. Bernstein et coll. ont appliqué leur algorithme à la version 2013 de *FLIP* (n= 15 342 aliments). Un ratio de sucres libres par rapport aux sucres totaux peut être calculé pour chaque item de la base de données nutritionnelles. Les informations sur la teneur en sucres libres de quelques catégories d'aliments sont présentées dans un article scientifique accessible au grand public [8], mais l'intégralité de la base de données ne l'est pas. L'équipe de Mary L'Abbé et Jodi Bernstein a accepté de nous partager leur base de données *FLIP* complète. Une étape de notre algorithme (description ci-dessous) a nécessité l'utilisation des données de *FLIP*.

4. Notre version de l'algorithme

Contrairement à quelques approches de différenciation des sucres présentées à la section 3.2 du chapitre 1, nous souhaitons déterminer avec le plus grand degré de précision possible, la teneur en sucres libres et naturellement présents dans les aliments et les ingrédients des recettes de notre base de données. Par exemple, plutôt que de supposer que les crêpes contiennent 0% de sucres ajoutés, tel que Sluik et coll. l'ont fait [68], nous avons tenu compte que le sucre dans les crêpes ne provenait pas seulement du lait et de la farine (sucres naturellement présents) et donc que celles-ci contenaient plus que 0% de sucres ajoutés. Aussi, contrairement à Sluik et coll., qui ont choisi de considérer que 100% des sucres dans les mets préparés étaient des sucres ajoutés, nous avons plutôt différencié les sucres libres et les sucres naturellement présents de tous les ingrédients de chacune des recettes, celles-ci étant détaillées dans le logiciel Nutrific®. Il s'agit justement d'une

force de notre base de données et de notre approche puisqu'on peut différencier plus précisément la teneur en sucres libres des mets préparés cuisinés par les Québécois [128].

L'algorithme que nous avons développé ressemble à celui de Bernstein et coll., mais comporte 8 étapes [17], plutôt que 6. Afin de mieux nous ajuster aux particularités de notre base de données, nous avons ajouté deux étapes, qui sont inspirées de l'algorithme de Louie et coll. (c.-à-d. «Calcul [de la teneur en sucres libres] basé sur une recette entrée dans la base de données» et «Estimation subjective [de la teneur en sucres libres] basée sur la proportion des ingrédients dans un aliment» [traductions libres]) [7]. Voici des résumés de l'algorithme de Bernstein et coll. [8] et de notre version de l'algorithme [17]. Les proportions des items de notre base de données (R24W) concernés par chacune des étapes de notre algorithme sont présentées dans le tableau 1 du chapitre 4.

<p align="center">Tableau 1. Résumé de l'algorithme de différenciation des sucres de Bernstein et coll.</p> <p align="center"><i>(Step-by-step method for calculating free sugar content of foods and beverages in the University of Toronto's Food Label Information Program (FLIP) database 2013 [...] (total n = 15,259).) [8]</i></p>
<p>Étape 1 : Aliments ne contenant pas de sucres totaux (0g).</p> <p>Par définition, sucres libres = 0g / 100g.</p>
<p>Étape 2 : Aliments ne contenant pas d'ingrédients contenant des sucres libres.</p> <p>Sucres libres = 0g / 100g.</p>
<p>Étape 3 : Aliments ne contenant pas (ou peu) de sucres naturellement présents.</p> <p>Sucres libres = 100% des sucres totaux.</p> <p>Ex. : boissons gazeuses</p>
<p>Étape 4 : Aliments contenant des sucres libres et des sucres naturellement présents.</p> <p>Détermination de la teneur en sucres libres en comparant avec la teneur en sucres totaux d'un aliment similaire ne contenant pas de sucres libres (étape 1 ou 2).</p> $\text{Sucres libres : } \frac{100 \times \left(\frac{\text{sucres tot. de l'aliment non sucré}}{100\text{g}} - \frac{\text{sucres tot. de l'aliment sucré}}{100\text{g}} \right)}{\frac{\text{sucres tot. de l'aliment non sucré}}{100\text{g}} - 100}$ <p>Ex. : La teneur en sucres libres dans le yogourt sucré sans gras est déterminée à partir de la teneur en sucres totaux du yogourt nature sans gras.</p>
<p>Étape 5 : Aliments contenant des sucres libres et des sucres naturellement présents, pour lesquels on ne peut utiliser de comparatif non sucré (étape 4).</p> <p>Sucres libres = teneur en sucres totaux multipliée par le ratio de sucres libres / sucres totaux d'un aliment similaire dans une autre base de données (<i>USDA Database for the Added Sugars Content of Selected Foods</i> [59]).</p>
<p>Étape 6 : Aliments contenant des sucres libres et naturellement présents, pour lesquels on ne peut trouver d'aliment similaire dans la base de données de référence.</p> <p>Sucres libres = teneur en sucres totaux multipliée par le ratio de sucres libres / sucres totaux d'un aliment similaire dans la même catégorie d'aliments de la même base de données (<i>FLIP</i>).</p>

Tableau 2 : Résumé de notre algorithme de différenciation des sucres

(Method for calculating the content of free sugars in foods and recipes (adapted from Bernstein et al. [8]).)

[17]

Étape 1 (Telle que l'étape 1 dans l'algorithme de Bernstein et coll.): **Aliments ne contenant pas de sucres totaux (0g).**

Par définition, sucres libres = 0g / 100g.

Ex. : beurre, viande.

Étape 2 (Telle que l'étape 2 dans l'algorithme de Bernstein et coll.): **Aliments ne contenant pas d'ingrédients contenant des sucres libres.**

Sucres libres = 0g / 100g.

Ex. : Fruits non sucrés, grains céréaliers, pâtes, œufs, lait et yogourt nature ou sucrés avec des édulcorants.

Étape 3 (Telle que l'étape 3 dans l'algorithme de Bernstein et coll.): **Aliments ne contenant pas (ou peu) de sucres naturellement présents.**

Sucres libres = 100% des sucres totaux.

Ex. : boissons gazeuses, bonbons.

Étape 4 (Telle que l'étape 4 dans l'algorithme de Bernstein et coll.): **Aliments contenant des sucres libres et des sucres naturellement présents.**

Détermination de la teneur en sucres libres en comparant avec la teneur en sucres totaux d'un aliment similaire ne contenant pas de sucres libres (étape 1 ou 2).

Ex. : lait au chocolat écrémé (10,34g de sucres totaux / 100g) en comparaison au lait nature écrémé (5,09g de sucres totaux / 100g).

$$\text{Sucres libres : } \frac{100 \times \left(\frac{\text{sucres tot.}}{100\text{g}} \text{ de l'aliment non sucré} - \frac{\text{sucres tot.}}{100\text{g}} \text{ de l'aliment sucré} \right)}{\frac{\text{sucres tot.}}{100\text{g}} \text{ de l'aliment non sucré} - 100}$$

$$\text{Sucres libres/100g dans le lait au chocolat écrémé : } \frac{100 \times (5.09-10.34)}{5.09-100} = 5.53 \text{ g}$$

N.B. La teneur en sucres libres de l'aliment sucré n'est pas déterminée par simple soustraction (sucres totaux/100g de l'aliment non sucré (dont tout le sucre est du sucre naturellement présent) – sucres totaux/100g de l'aliment sucré), puisqu'il faut tenir compte du poids supplémentaire résultant de l'ajout de sucre dans 100g de l'aliment non sucré. Les proportions de sucres naturellement présents par 100g dans l'aliment non sucré et dans l'aliment sucré sont donc différentes.

Tableau 2 : Résumé de notre algorithme de différenciation des sucres (suite)
<p>Étape 5 (Adaptation de l'étape 5 de Bernstein et coll.) : Aliments contenant des sucres libres et des sucres naturellement présents, pour lesquels on ne peut utiliser de comparatif non sucré (étape 4).</p> <p>Sucres libres = teneur en sucres totaux multipliée par le ratio de sucres libres / sucres totaux d'un aliment similaire dans une autre base de données (<i>FLIP</i>).</p>
<p>Étape 6 (Telle que l'étape 6 dans l'algorithme de Bernstein et coll.) : Aliments contenant des sucres libres et naturellement présents, pour lesquels on ne peut trouver d'aliment similaire dans la base de données de référence.</p> <p>Sucres libres = teneur en sucres totaux multipliée par le ratio de sucres libres / sucres totaux d'un aliment similaire dans la même catégorie d'aliments de la même base de données (<i>R24W</i>).</p> <p>Ex. : La teneur en sucres libres dans le pouding chômeur est déterminée en utilisant le même ratio de sucres libres / sucres totaux que la tarte au sucre de la base de données R24W.</p>
<p>Étape 7 (Nouvelle étape ajoutée) : Mets préparés créés manuellement, dont les ingrédients et leur quantité sont spécifiés.</p> <p>Chaque ingrédient est soumis à l'algorithme (une des étapes ci-dessus).</p>
<p>Étape 8 (Nouvelle étape ajoutée) : Quand aucune des étapes ci-dessus ne peut être utilisée pour différencier les sucres totaux d'un aliment de la base de données, une approche intuitive et logique est utilisée.</p> <p>Ex. : La teneur en sucres libres d'un mélange en poudre d'un déjeuner instantané est déterminée en soustrayant la teneur en sucres naturellement présents de la poudre de lait, estimée à l'aide du contenu en protéines.</p>

À l'aide de cet algorithme, les sucres totaux de tous les aliments et recettes de notre base de données ont été différenciés en sucres libres et naturellement présents. On a donc pu caractériser l'apport en sucres libres et naturellement présents de la population québécoise (tel que décrit à l'objectif 1 dans la section 1 du chapitre 3).

Aussi, le fait que les sucres soient différenciés dans notre base de données nous a permis d'étudier le lien entre la consommation de différents types de sucres et des variables de santé, toujours dans le même échantillon (PRELISE), tel que décrit à la section 2 du chapitre 3.

Chapitre 3 - Objectifs et hypothèses

1. Première partie – Caractérisation des apports en sucres de la population d'adultes francophones de la province de Québec

1.1. Objectif

Le premier objectif de mon projet de maîtrise était de caractériser, pour la première fois, l'apport en sucres libres et naturellement présents de la population québécoise en effectuant des analyses secondaires dans la base de données du projet PREDISE, dont l'échantillon (n=1147) est représentatif en termes d'âge et de sexe des adultes francophones (18-65 ans) de cinq régions administratives de la province de Québec (Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches, Estrie, Mauricie, Montréal and Saguenay-Lac-St-Jean).

1.2. Hypothèses

Sachant que la qualité de la diète des adultes québécois est considérée comme étant généralement faible [119] et que l'alimentation des Québécois s'apparente probablement à celle d'autres populations occidentales dont l'apport en sucres libres dépasse la recommandation de l'OMS, nous avons émis les hypothèses suivantes : la majorité des adultes québécois ont une consommation de sucres libres dépassant la recommandation de l'OMS (plus de 10%É) et la consommation moyenne de sucres libres de la population québécoise est comparable à celles d'autres populations occidentales.

2. Deuxième partie – Association entre la consommation de sucres, la qualité alimentaire et des variables de santé cardiométabolique dans la population adulte québécoise

2.1. Objectif

Le deuxième objectif de mon projet de maîtrise était d'examiner comment la consommation de sucres libres et naturellement présents, de sources liquide et solide, est associée à la qualité alimentaire et aux marqueurs de risque cardiométabolique (indice de masse corporelle, tour de taille, glycémie et insulïnémie à jeun, HOMA-IR (score de résistance à l'insuline), protéine C-Réactive, triglycérides, cholestérol LDL et HDL, ratio du cholestérol total/cholestérol HDL, pressions artérielles systolique et diastolique et score Z du syndrome métabolique). Ces analyses sont également effectuées à partir des données du projet PREDISE (n=1019).

2.2. Hypothèses

Nous avons émis l'hypothèse que la consommation de sucres libres est négativement associée à la qualité de la diète, tandis que la consommation de sucres naturellement présents est positivement associée à la qualité de la diète. Nous avons également émis l'hypothèse que le type de sucre (libre ou naturellement présent) et la forme dans laquelle le sucre est consommé (aliment (solide) ou boisson (liquide)) sont associés différemment avec des marqueurs de santé cardiometabolique et que ces associations sont fortement expliquées par la qualité alimentaire et d'autres facteurs sociodémographiques et en lien avec les habitudes de vie.

Chapitre 4 - Apports en sucres totaux, libres et naturellement présents dans la population d'adultes francophones de la province de Québec : Le projet PREDISE

Titre original de l'article : Intakes of Total, Free, and Naturally Occurring Sugars in the French-Speaking Adult Population of the Province of Québec, Canada: The PREDISE Study. Publié dans la revue *Nutrients*, 11(10), 2317. Lien pour accéder à l'article : <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/10/2317#>

Amélie Bergeron ^{1,2}, Marie-Ève Labonté ^{1,2}, Didier Brassard ^{1,2}, Alexandra Bédard ¹, Catherine Laramée ¹, Julie Robitaille ^{1,2}, Sophie Desroches ^{1,2}, Véronique Provencher ^{1,2}, Charles Couillard ^{1,2}, Marie-Claude Vohl ^{1,2}, Benoît Lamarche ^{1,2} and Simone Lemieux ^{1,2,*}

¹ Institute of Nutrition and Functional Foods, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6, Canada; Amelie.Bergeron.6@ulaval.ca (A.B.); Marie-Eve.Labonte@fsaa.ulaval.ca (M.-È.L.); Didier.Brassard.1@ulaval.ca (D.B.); alexandra.bedard.1@ulaval.ca (A.B.); Catherine.Laramee@fsaa.ulaval.ca (C.L.); Julie.Robitaille@fsaa.ulaval.ca (J.R.); Sophie.Desroches@fsaa.ulaval.ca (S.D.); Veronique.Provencher@fsaa.ulaval.ca (V.P.); Charles.Couillard@fsaa.ulaval.ca (C.C.); Marie-Claude.Vohl@fsaa.ulaval.ca (M.-C.V.); Benoit.Lamarche@fsaa.ulaval.ca (B.L.)

² School of Nutrition, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6, Canada

* Correspondence: Simone.Lemieux@fsaa.ulaval.ca

Received: 10 September 2019; Accepted: 26 September 2019; Published: 30 September 2019

Résumé

Objectif : Caractériser les apports en sucres dans un échantillon d'adultes francophones québécois.

Méthodologie : Les sucres totaux ont été manuellement différenciés (sucres libres et naturellement présents) avec un algorithme systématique. Les apports alimentaires ont été évalués grâce à trois rappels alimentaires de 24h.

Résultats : Les apports moyens en sucres totaux, libres et naturellement présents étaient respectivement de 116,4g (19,3% de l'apport énergétique quotidien (%É)), 72,5g (11,7%É) et 44,0g (7,5%É). La majorité (57,3%) des participants ne respectaient pas la recommandation de l'OMS (<10%É provenant des sucres libres). Les

femmes avaient un %É provenant des sucres naturellement présents plus élevé que les hommes et le fait d'être plus jeune était associé à un %É provenant des sucres libres plus élevé.

Conclusion : Les efforts de santé publique visant à réduire la consommation de sucres libres dans cette population sont pertinents, puisque leur surconsommation est associée négativement à des variables de santé.

Abstract

The objective of this study was to characterize the intakes of different types of sugars in an age- and sex-representative sample of French-speaking adults from five regions of the Province of Québec, Canada, enrolled in the cross-sectional PREDISE (PRÉDICTeurs Individuels, Sociaux et Environnementaux) study (n = 1147, 18–65 years old; 50.2% women). Because only total sugar content of foods and beverages is available in the Canadian Nutrient File (CNF) 2015, the initial step of this study was thus to build a database of free and naturally occurring sugars content of each food item and recipe included in the R24W, which is an automated, self-administered, web-based, 24-h dietary recall validated to estimate nutrient intakes in French-speaking adults of the Province of Québec. Total sugars were manually differentiated into free and naturally occurring sugars using a systematic algorithm based on previously published systematic algorithms. The World Health Organization (WHO)'s free sugar definition was used to differentiate total sugars into free and naturally occurring sugars. Dietary intake estimates were assessed using three 24-h dietary recalls completed with the R24W. Mean total, free, and naturally occurring sugar intakes were 116.4 g (19.3% of daily energy intake (%E)), 72.5 g (11.7%E), and 44.0 g (7.5%E), respectively. Over half (57.3%) of the overall sample did not meet the WHO's recommendation to consume less than 10%E from free sugars. Women had a higher %E from naturally occurring sugars than men and being younger was associated with a greater %E from free sugars. Sugar intakes among French-speaking adults from the Province of Québec were mainly in the form of free sugars, with the majority of the population exceeding the WHO recommendation regarding free sugar intake. This suggests that public health efforts towards reducing free sugar intake in this population are relevant and necessary, considering that overconsumption of free sugars negatively influences health outcomes.

Keywords: nutrition; sugar intakes; free sugars; naturally occurring sugars; 24-h recall; Québec; Canada; PREDISE study

Introduction

Sugar intake is a worldwide concern, a public health issue, and an active area of research because of its effect on excessive caloric intake and body weight gain as well as on health outcomes [1]. Some food sources of sugars, such as fruits and vegetables, in which sugars are naturally occurring, are known to have beneficial health effects [2–4], whereas other sources, such as sugar-sweetened beverages (SSBs), containing free sugars, are deleterious to health [5,6]. A distinction between the different types of sugars (i.e., total, free, and naturally occurring sugars) is thus crucial to best appreciate the association between sugar intake and health [7].

Many countries and health organizations have set qualitative or quantitative recommendations regarding total, free, or added sugar intake [8]. The World Health Organization (WHO) recommends limiting free sugar intake to a maximum of 10% of daily energy (%E) and even proposes to reduce free sugar intake below 5%E, as a conditional recommendation [9]. Health Canada, through its 2019 Canada's Food Guide, recommends limiting free sugar intake by reducing consumption of highly processed foods and by consuming nutritious food containing little to no free sugars [10]. National data from various Western countries have shown that a vast majority of populations do not reach the WHO's target [11–14]. However, data on free and naturally occurring sugar intakes are utterly lacking in Canada because only total sugar content of foods is available in the Canadian Nutrient File 2015 [15,16]. One reason explaining why nutrient databases in Canada and other countries usually contain information only on total sugar [14] is that free and naturally occurring sugars are chemically indistinguishable [17]. Accordingly, the Canadian Community Health Survey (CCHS), which relies on the Canadian Nutrient File (CNF) 2015, only provides information on total sugar intake [16].

The lack of information about the different types of sugars in nutrient databases and the fact that food manufacturers are not keen to provide this information on the nutrition facts table explain why we need to rely on systematic methods to estimate free and naturally occurring sugar content of foods. Louie et al. [18] proposed a step-by-step algorithm to differentiate free and naturally occurring sugars from a nutritional database through an individual methodical reflection for each food item. It is currently the best possible sugar differentiation approach, in comparison with other less precise methodologies such as, for example, the use of market availability data with corrections for wastage [19]. Furthermore, such a systematic approach applied on individual consumption data allow the use of the results beyond the sole purpose of portraying population-level intakes. In fact, these systematic approaches also make it possible to assess the associations between sugar intakes and other variables of interest such as cardiometabolic risk factors.

The objective of this study was to characterize and describe free and naturally occurring sugar intakes in an age- and sex-representative sample of French-speaking adults from five regions of the Province of Québec,

Canada. It is the first time that such a study with a systematic sugar differentiation method was conducted in Canada. This has been done by first differentiating types of sugars for each food item comprised in a food composition database based on the CNF 2015 and integrated into the R24W, a web-based 24-h dietary recall, which is used to estimate the dietary intakes of the study's participants. Our hypotheses are that the majority of study participants do not meet WHO's recommendation to consume less than 10%E from free sugars and that sugar intakes of adults from the Province of Québec are comparable to population intakes in other Western countries.

Materials and Methods

Participants and Procedures

The PREDISE (PRÉDICTeurs Individuels, Sociaux et Environnementaux) study was designed to assess how individual, social, and environmental factors are associated with adherence to dietary guidelines in force at the time of study's realization, which were set out in the 2007 Canada's Food Guide [20]. The PREDISE study design and methodology were previously detailed elsewhere [21]. Briefly, the study had a web-based, multicentered, cross-sectional design. Between August 2015 and April 2017, recruitment was done using random digit dialing in five different administrative regions from the Province of Québec, Canada: Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches, Estrie, Mauricie, Montréal, and Saguenay-Lac-St-Jean. A priori recruitment quotas were defined to obtain representativeness in each of the five regions upon sex and predetermined age groups (18–34, 35–49, and 50–65 years). Participants completed online socio-demographic questionnaires and three web-based 24-h dietary recalls using the R24W (described below). Once the online part was completed, participants were invited to their region's research center for anthropometric measurements and blood sampling. The final study sample included 1147 participants (50.2% women). Participants were mostly Caucasian (94.3%) with a university degree (44.5%) and 94.6% of them completed three web-based 24-h dietary recalls [21]. Written informed consent from all participants was obtained. The project was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Research Ethics Committees of Université Laval (ethics number: 2014-271), Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (ethics number: MP-31-2015-997), Montreal Clinical Research Institute (ethics number: 2015-02), and Université du Québec à Trois-Rivières (ethics number: 15-2009-07.13).

R24W Database

The PREDISE study used an automated, self-administered, validated [22–24], web-based tool, the R24W, to obtain 24-h dietary recalls. The R24W database includes nutritional values of foods that participants can select while completing their 24-h dietary recalls. It was developed by our research team [25], which allows us to improve and modify the tool autonomously. It includes 2669 food items (1203 items refer to manually created

recipes [26]) whose nutritional values are predominantly linked to the Canadian Nutrient File (CNF) 2015, the most recent version available [15]. For a few food items, when the food was not available in the CNF, nutritional values were based on the United States Department of Agriculture Nutrient Database for Standard Reference [27] (5.8% of total items).

There are some missing values for total sugars in the CNF 2015. The percentage of coverage for total sugars in the CNF 2015 is 81.6% [28]. The percentage of coverage is the percentage of foods for which a value of the indicated nutrient is available. Some of CNF 2015 foods, but not all, were selected to constitute the R24W database, for which the percentage of coverage for total sugars was 95.7%. Therefore, for the 115 foods with missing total sugar value and the 133 recipes having one or more ingredients with missing total sugar content (representing 248 food items; 9% of all food items in the R24W database), a value was assigned. For missing total sugar content of foods or recipe ingredients, values were mostly assigned by proportionally comparing their carbohydrate content with carbohydrate and total sugar contents of similar foods. When it was not possible to use the latter approach, we assigned a total sugar value by consulting the nutrition facts table of a similar commercial product or by referring to the Food Label Information Program (FLIP) database (2013 version), which is a Canadian database comprising the nutritional values of over 15,000 commercial foods and drinks, including information about the content of free and naturally occurring sugars [29].

Sugar Differentiation

As indicated above, only total sugar content is available in the CNF 2015, and thus in the R24W database. Free and naturally occurring sugars were manually differentiated in the R24W database's foods and mixed dishes. The WHO's free sugar definition was used to differentiate total sugars into free and naturally occurring sugars: "Free sugars include monosaccharides and disaccharides added to foods and beverages by the manufacturer, cook or consumer, and sugars naturally present in honey, syrups, fruit juices and fruit juice concentrates" [9]. Naturally occurring sugars are, by definition, intrinsically present in foods, such as whole fruits and vegetables, and unsweetened milk. The sugar differentiation method used was adapted from the algorithm proposed by Bernstein et al. [29] (which is itself adapted from Louie et al.'s [18]). We chose not to directly use the algorithm from Louie et al. because one of the steps of the algorithm uses specific sugar content (i.e., lactose and maltose) and this information was not available for all food items in our database. Also, the algorithm of Louie et al. has been developed to estimate added sugars, while we wanted to obtain free sugar information. To better adapt the algorithm from Bernstein et al. [29] to our database, we modified one of the steps and added two new steps. Our method allows to methodically differentiate free sugars from naturally occurring sugars of every food item in our R24W database, step by step. Table 1 shows the different steps of the modified algorithm that we used. After differentiating total sugars into free and naturally occurring sugars, we assessed the mean consumption of

total, free, and naturally occurring sugars for each study participant and for the overall sample, based on three web-based 24-hour recalls.

Table 1. Method for calculating the content of free sugars in foods and recipes (adapted from Bernstein et al. [29]).

<p>Step 1 (as per Step 1 of Bernstein et al. [29]): Foods that contain no total sugar: (7.9%)</p> <p>By definition, contain 0 g free sugar/100 g.</p> <p>E.g., Butter, meats.</p>	
<p>Step 2 (as per Step 2 of Bernstein et al. [29]): Foods that contain no free sugar in the ingredient list: (17.2%)</p> <p>By definition, contain 0 g free sugar/100 g.</p> <p>E.g., Unsweetened fruits, grain products, pasta, eggs, unsweetened milk and yogourt, or milk and yogurt sweetened with non-nutritive sweeteners.</p>	
<p>Step 3 (as per Step 3 of Bernstein et al. [29]): Foods that contain no or minimal amounts of naturally occurring sugars: (6.5%)</p> <p>By definition, all total sugars are considered free sugars.</p> <p>E.g., Soft drinks, candies.</p>	
<p>Step 4 (as per Step 4 of Bernstein et al. [29]): Foods that contain both naturally occurring and free sugars are compared to similar foods without free sugar ingredients (foods from steps 1 and 2): (6.3%)</p> <p>As much as possible, comparisons are made between sweetened and unsweetened products with similar ingredients or flavors.</p> <p>E.g., chocolate skim milk (10.34 g of total sugars/100 g) vs. unsweetened skim milk (5.09 g of total sugars/100 g)</p>	
<p>Free sugars : $\frac{100 \times \left(\frac{\text{sugars}}{100\text{g}} \text{ of the unsweetened product} - \frac{\text{sugars}}{100\text{g}} \text{ of the sweetened product} \right)}{\frac{\text{sugars}}{100\text{g}} \text{ of the unsweetened product} - 100}$</p>	(1)
<p>Free sugars/100g in chocolate skim milk : $\frac{100 \times (5.09 - 10.34)}{5.09 - 100} = 5.53 \text{ g}$</p>	(2)

Table 1. Method for calculating the content of free sugars in foods and recipes (adapted from Bernstein et al. [29]). (continued)

Step 5 (adapted from Step 5 of Bernstein et al. [29]): Foods that contain both naturally occurring sugars and free sugars for which no similar unsweetened food could be used for comparison: (16.0%)

The reference database used was the Food Label Information Program (FLIP) 2013, which inventories package label information of foods and beverages of the Canadian food market. FLIP 2013 also contains nutrition information, including total and free sugars, of 15,342 commercial foods and beverages [29], determined with Bernstein et al.'s algorithm [29]. A ratio of free sugars over total sugars was calculated for each food in FLIP. When using this step, free sugars are estimated by multiplying the total sugar content of a food in the R24W database by the mean free sugars to total sugars ratio of all similar foods from the FLIP database.

Step 6 (as per Step 6 of Bernstein et al. [29]): Items that could not be compared to similar foods in the FLIP database: (0.4%)

Amount of free sugars is determined by using the ratio of free sugars over total sugars of a product in the same food category.

E.g., Free sugar content of pouding chômeur, which is a traditional Québec dessert consisting of a cake dough cooked in brown sugar and cream, was determined using the same ratio as sugar pie.

Step 7 (new step added): This step is used for mixed dishes manually created, based on Canadian Nutrient File (CNF) 2015. The ingredients and their quantity are specified for each recipe. Each ingredient is, itself, subjected to the sugar differentiation method (one of the steps above). (45.6%)

Step 8 (new step added): When neither of the steps above could be used to determine free sugar content in foods, an intuitive and logical method is used. (0.1%)

E.g., Free sugar content of breakfast powder drink mix was determined by subtracting naturally occurring sugar from powdered milk, estimated based on protein content.

The percentage of items of PREDISE's R24W food database identified at each step is indicated within brackets.

Plausibility of Self-Reported Energy Intakes

The plausibility of self-reported energy intakes was determined with a method described by Huang et al. [30] comparing reported energy intake to predicted energy requirements, as calculated using the Institute of Medicine equations [31]. Participants with a ratio of self-reported energy intake over predicted energy requirements <0.78 or >1.22 were considered under-reporters and over-reporters, respectively. Details of the methodology used to assess the plausibility of self-reported energy intakes are presented elsewhere [32].

Statistical Analyses

Analyses were performed using SURVEY procedures in SAS Studio (version 3.6), accounting for the stratified design of the PREDISE study. Sampling weights were calculated to balance the sample size, which was larger than anticipated at the elaboration stage of the study. Missing sociodemographic characteristics (body mass index (BMI) ($n = 125$), education ($n = 60$), and income ($n = 60$) levels) were imputed using the fully efficient fractional imputation method, as presented elsewhere [21]. To determine the plausibility of self-reported energy intakes in participants who had missing data for height and weight, a single imputation using the hot deck method was performed ($n = 125$). Multivariable linear regressions were performed to obtain least square means of dietary intakes of sociodemographic subgroups with Tukey's post hoc tests to assess potential differences. Sex, age groups (18–34 years, 35–49 years, 50–65 years), administrative region (Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches, Estrie, Mauricie, Montréal, and Saguenay-Lac-St-Jean), BMI groups (normal <25.0 kg/m², overweight 25.0–29.9 kg/m², obese ≥ 30.0 kg/m²), education level (high school or no diploma, CEGEP (CEGEP is a preuniversity and technical college institution particular to the Province of Québec educational system, which is considered higher than high school and lower than university), university), household income levels in Canadian dollars ($<30,000$, $\geq 30,000$ to $<60,000$, $\geq 60,000$ to $<90,000$, $\geq 90,000$), reporting status (under-, plausible-, and over-reporters), and the number of 24-hour dietary recalls completed on weekend days (0, 1, 2, 3) were used as covariates when appropriate. Frequency statistics were used to determine percentages of individuals in the overall sample and in sociodemographic subgroups meeting WHO's recommendation to consume less than 10% of daily energy as free sugars. Chi-squared tests were conducted to assess differences between subgroups. Pearson correlations were performed to assess correlation coefficients between %E provided by total, free, and naturally occurring sugars. Considering the numerous statistical tests performed in the present study, p values lower than 0.001 were considered statistically significant.

Results

Mean Intakes of Total, Free, and Naturally Occurring Sugars

Table 2 shows mean intakes of total, free, and naturally occurring sugars, expressed in grams per day; percentages of total sugars; and the percentage of daily energy (%E) they provide. Mean values in the overall sample (i.e., "All") are unadjusted, whereas values presented for the different subgroups are adjusted for sex, age group, administrative region, BMI, education, reporting status, household income level, and weekend, when appropriate. See Supplemental Table for unadjusted means.

Table 2. Mean (95% CI) intakes of total, free and naturally occurring sugars, expressed in grams, percentages of total sugars and percentages of energy they provide, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	n (weighted)	Total sugars, g	Percentage of total sugars, %			Percentage of daily energy (%E) provided by, %kcal		
			Free sugars	Naturally occurring sugars	Energy, kcal	Total sugars	Free sugars	Naturally occurring sugars
All	1147	116.4 (113.3-119.6)	59.6 (58.6-60.6)	40.4 (39.4-41.4)	2402 (2362-2443)	19.3 (18.9-19.6)	11.7 (11.4-12.1)	7.5 (7.3-7.7)
Sex								
Women	576	97.7 (92.8-102.6) _a	57.6 (55.8-59.5) _a	42.4 (40.5-44.2) _a	2001 (1961-2042) _a	19.5 (18.7-20.3)	11.4 (10.8-12.1)	8.1 (7.6-8.5) _a
Men	571	124.9 (119.0-130.7) _b	63.0 (61.1-65.0) _b	37.0 (35.0-38.9) _b	2626 (2575-2678) _b	18.7 (18.0-19.5)	12.2 (11.5-12.9)	6.5 (6.1-6.9) _b
p		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.05	0.02	<0.0001
Age group, y								
18-34	408	120.5 (114.1-126.9) _a	63.5 (61.4-65.6) _a	36.5 (34.4-38.6) _a	2458 (2401-2514) _a	19.4 (18.6-20.3)	12.6 (11.9-13.4) _a	6.8 (6.3-7.3)
35-49	338	111.1 (104.7-117.5) _b	59.7 (57.4-62.0) _b	40.3 (38.0-42.6) _b	2329 (2278-2381) _b	18.9 (18.0-19.8)	11.7 (10.8-12.5) _{a,b}	7.2 (6.7-7.7)
50-65	400	102.2 (97.0-107.5) _c	57.8 (55.7-59.8) _b	42.2 (40.2-44.3) _b	2154 (2108-2200) _c	19.0 (18.2-19.8)	11.2 (10.5-11.9) _b	7.8 (7.4-8.3)
p		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.47	0.0006	0.001
Administrative region								
Estrie	110	106.3 (97.6-115.1)	59.1 (55.7-62.6)	40.9 (37.4-44.3)	2321 (2257-2385)	18.1 (16.9-19.2)	11.0 (9.9-12.1)	7.0 (6.4-7.7)
Saguenay-Lac-Saint-Jean	107	120.5 (111.0-130.1)	63.1 (60.1-66.2)	36.9 (33.8-39.9)	2341 (2263-2420)	20.4 (19.2-21.7)	13.2 (12.1-14.4)	7.2 (6.6-7.9)
Capitale-Nationale/ Chaudière-Appalaches	435	111.0 (105.9-116.1)	59.5 (57.4-61.5)	40.5 (38.5-42.6)	2315 (2271-2360)	19.0 (18.3-19.8)	11.6 (10.9-12.3)	7.4 (6.9-7.9)
Montréal	397	110.5 (105.6-115.4)	58.4 (56.5-60.4)	41.5 (39.6-43.5)	2321 (2275-2368)	19.0 (18.3-19.8)	11.4 (10.7-12.1)	7.6 (7.2-8.1)
Mauricie	99	108.0 (97.1-118.9)	61.5 (58.2-64.8)	38.5 (35.2-41.8)	2269 (2162-2377)	19.1 (17.6-20.6)	11.9 (10.7-13.2)	7.1 (6.3-8.0)
p		0.18	0.06	0.06	0.87	0.07	0.03	0.48
Body mass index, kg/m ²								
Normal (< 25.0)	453	106.1 (100.4-111.8) _a	59.3 (57.3-61.4)	40.7 (38.6-42.7)	2146 (2098-2194) _a	19.5 (18.7-20.3)	11.9 (11.1-12.6)	7.6 (7.2-8.1)
Overweight (25.0-29.9)	383	106.5 (100.4-112.6) _a	59.3 (57.2-61.5)	40.7 (38.5-42.8)	2286 (2231.9-2340) _a	18.6 (17.8-19.5)	11.3 (10.5-12.0)	7.4 (6.8-7.9)
Obese (≥ 30.0)	312	121.3 (115.2-127.4) _b	62.3 (60.1-64.4)	37.7 (35.6-39.9)	2509 (2457.7-2561) _b	19.2 (18.4-20.1)	12.4 (11.6-13.2)	6.9 (6.4-7.3)
p		<0.0001	0.03	0.03	<0.0001	0.10	0.03	0.01
Education								
High school or less	284	113.2 (106.5-120.0)	62.7 (60.5-65.0) _a	37.3 (35.0-39.5) _a	2329 (2271-2388)	19.1 (18.2-20.1)	12.3 (11.4-13.1)	6.9 (6.3-7.4) _a
CEGEP _x	353	108.5 (102.9-114.2)	60.9 (58.8-63.1) _a	39.1 (36.9-41.2) _a	2309 (2258-2361)	18.8 (18.0-19.6)	11.8 (11.0-12.5)	7.0 (6.6-7.5) _a
University	510	112.0 (106.1-117.9)	57.3 (55.2-59.4) _b	42.7 (40.6-44.8) _b	2302 (2255-2350)	19.4 (18.6-20.3)	11.5 (10.7-12.2)	7.9 (7.5-8.4) _b
p		0.32	<0.0001	<0.0001	0.70	0.27	0.22	0.0001
Reporting status								
Under reporters	185	64.0 (58.1-69.8) _a	55.1 (52.1-58.2) _a	44.9 (41.8-47.9) _a	1471 (1414-1528) _a	17.9 (16.8-19.1)	10.2 (9.2-11.2) _a	7.7 (7.1-8.4)
Plausible reporters	613	109.7 (104.9-114.6) _b	61.7 (59.9-63.5) _b	38.3 (36.5-40.1) _b	2264 (2226.0-2302) _b	19.4 (18.7-20.2)	12.3 (11.6-13.0) _b	7.1 (6.7-7.5)
Over reporters	348	160.1 (152.5-167.8) _c	64.1 (62.1-66.1) _b	35.9 (33.9-37.9) _b	3206 (3136-3275) _c	20.0 (19.2-20.8)	13.0 (12.3-13.7) _b	7.0 (6.5-7.5)
p		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.005	<0.0001	0.14

Daily intakes are presented as means (95% Confidence Interval) adjusted for sex, age group, administrative region, BMI, education, reporting status, household income level and weekend, when appropriate (except All). P values are the partial effect of sociodemographic characteristics on sugar intake in the linear model. A P value <0.001 was considered statistically significant. _{a,b,c} Subgroups least square means without a common superscript are different (Tukey-Kramer). _x CEGEP is a preuniversity and technical college institution specific to the Province of Quebec.

In the overall sample, the mean intake of total sugars was 116.4 g, which represented 19.3% of daily kilocalories. Free sugars provided 11.7% of total kilocalories. Compared with men, women consumed less total sugars when expressed as absolute intakes in grams per day ($p < 0.0001$). Women also consumed less free sugars, but more naturally occurring sugars, than men when expressed as the proportion of total sugars. Also, the %E from naturally occurring sugars was greater in women than in men ($p < 0.0001$). Younger age was associated with a higher absolute intake of total sugars. A higher proportion of free sugars over total sugars and a lower proportion of naturally occurring sugars over total sugars were observed in younger participants when compared with older participants. Younger age was also associated with a higher %E from free sugars. Administrative region was not a factor influencing sugar intakes. As for the presence of obesity ($BMI \geq 30.0 \text{ kg/m}^2$), it was only significantly associated with a higher absolute intake of total sugars. Each education group consumed about the same amount of total sugars when expressed in grams per day. However, holding a university degree was associated with a lower proportion of free sugars over total sugars and a higher %E from naturally occurring sugars. Under-reporters consumed the lowest absolute amount of total sugars, had the lowest proportion of total sugars being free sugars, and had the least %E from free sugars. The difference between under- and over-reporters was no longer statistically significant for total and naturally occurring sugars when expressed as %E. Household income and the number of food recalls completed on weekend days were not significantly associated with intakes of total, free, and naturally occurring sugars (data not shown).

Proportion of Individuals Meeting WHO's Recommendation

Figure 1 shows that 42.7% of the overall sample met the WHO's recommendation to consume less than 10%E as free sugars. The prevalence of participants meeting this recommendation did not significantly vary by sex, age, BMI, and education. However, the proportion of individuals meeting WHO's recommendation differed significantly depending on the reporting status. In fact, 59.5% of under-reporters, 41.4% of plausible reporters, and 36.0% of over-reporters met the recommendation. Also, the prevalence of meeting the WHO's recommendation did not vary by household income and by the number of food recalls completed on weekend days (data not shown).

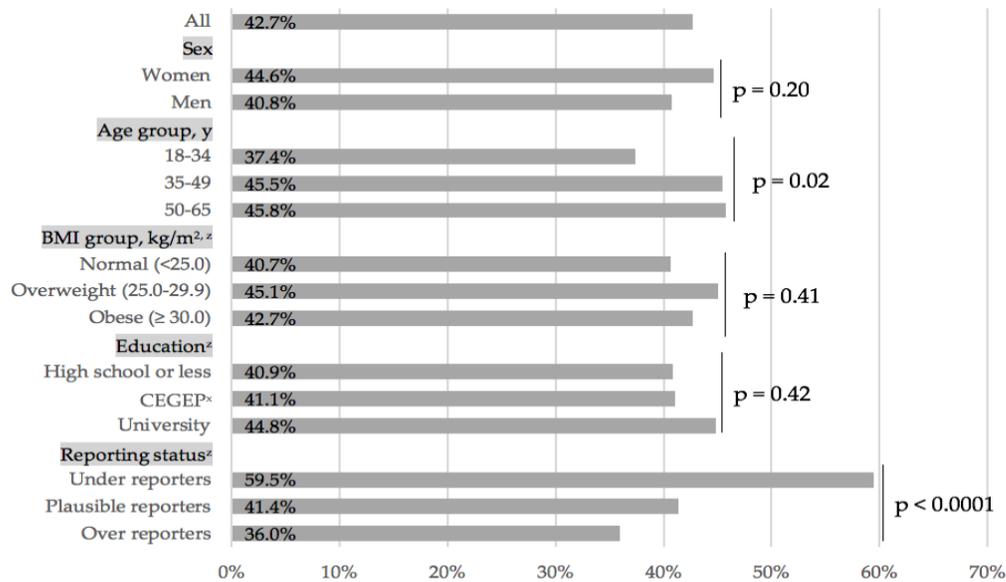


Figure 1. Proportion of individuals meeting the World Health Organization’s recommendation to consume less than 10% of daily kilocalories as free sugars, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada.

A p -value < 0.001 was considered statistically significant. ^z Missing characteristics were imputed. See the Methods section for details.

^x CEGEP is a pre-university and technical college institution specific to the Quebec educational system. BMI, body mass index.

Correlations among Types of Sugars

When considering the overall diet in the entire sample, energy from both free and naturally occurring sugars correlated positively with energy from total sugars, but the association was stronger with free sugars ($r = 0.79$; $p < 0.0001$) than with naturally occurring sugars ($r = 0.45$; $p < 0.0001$), as presented in Table 3. Energy from free sugars was inversely correlated with energy from naturally occurring sugars ($r = -0.20$; $p < 0.0001$). When looking at sugar intakes from foods only, %E from free sugars and %E from naturally occurring sugars similarly correlated with %E from total sugars ($r = 0.69$; $p < 0.0001$ and $r = 0.66$; $p < 0.0001$, respectively). %E from free sugars and %E from naturally occurring sugars were not significantly correlated ($r = -0.09$; $p = 0.01$). When considering drinks only, %E from free sugars correlated strongly with %E from total sugars ($r = 0.91$; $p < 0.0001$). In drinks, %E from naturally occurring sugars and from total sugars was also correlated ($r = 0.39$; $p < 0.0001$), while %E from naturally occurring sugars was not significantly correlated with %E from free sugars ($r = -0.02$; $p = 0.61$).

Table 3. Correlations between %E from total, free and naturally occurring sugars in overall diet and in foods and drinks separately in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada.

Overall diet			Foods			Drinks					
	total sugars	free sugars	naturally occurring sugars		total sugars	free sugars	naturally occurring sugars		total sugars	free sugars	naturally occurring sugars
total sugars		0.79 <i>p</i> <0.0001	0.45 <i>p</i> <0.0001	total sugars		0.69 <i>p</i> <0.0001	0.66 <i>p</i> <0.0001	total sugars		0.91 <i>p</i> <0.0001	0.39 <i>p</i> <0.0001
free sugars			-0.20 <i>p</i> <0.0001	free sugars			-0.09 <i>p</i> =0.01	free sugars			-0.02 <i>p</i> =0.61

A *p* value <0.001 was considered statistically significant.

Discussion

To the best of our knowledge, this study is the first to describe the intakes of free and naturally occurring sugars of the adult population of the Province of Québec, based directly on reported food consumption and nutrient composition data. We found that the majority of total sugar intake comes from free sugars and that more than half of the French-speaking Québec adult population does not meet WHO's recommendation to consume less than 10%E from free sugars.

The mean total sugar intake of the Québec adult population (19+ years) was reported in CCHS 2015 and was found to be about 20 g lower than the value obtained in the PREDISE sample [33]. As the prevalence of energy misreporting is lower in PREDISE (16.1%) than in CCHS 2015 (34.5%) [16,34], this may explain, in part, the lower value obtained in CCHS 2015. Another explanation for the difference observed between the two studies may be that, in CCHS 2015, the older subgroup (71 years +) had the lowest total sugar intake [33], an age group that was not represented in the PREDISE study. Of note, when total sugar intakes were expressed in %E, the value obtained in our study (i.e., 19.3%E) was exactly the same as that obtained in the Québec population of CCHS 2015 [33]. These results suggest that expressing sugar intakes as %E may be a better approach to make comparisons between studies, as it can reduce the bias associated with misreporting and can also reduce the influence of differences in energy intake between populations.

Of note, no other Canadian studies appear to have used a methodology similar to the one used here to assess intakes of free sugars at a population level. In a study from Langlois and Garriguet [35], the authors made the assumption that sugars from "other" foods (i.e., low nutritive value foods and beverages not included in any of the food categories of the 2007 Canada's Food Guide [20] and whose consumption must be limited such as soft drinks, ice cream, candies, and chips) were unlikely to be naturally occurring sugars and they used the proportion of sugars from "other" foods on total sugars to provide an estimation of the proportion of free sugars over total

sugars. The value obtained (35% of total sugars) [35] was much lower than what we found in the present study (59.6%). Indeed, free sugars are not solely found in “other” foods. For example, flavored yogurts contain free sugars, but were not considered as “other” foods in the previous analysis by Langlois et al. [35]. In another study in which the proportion of free sugars on total sugars in prepackaged foods in Canada in 2013 was calculated (using FLIP), the value obtained (62%) [29] was very similar to what we found in the present study. It is not surprising knowing that the sugar differentiation method we used shares similar steps with the algorithm used in FLIP [29], which is also the reference database used at a certain step of our differentiation method. Finally, although results from the Québec population of CCHS 2015 do not include data about free sugar intake (only data about total sugar intake were available), it was found that vegetables and fruits as well as milk and substitutes contributed more to total sugar intake in women than in men [33], which reflects that %E from naturally occurring sugars is probably higher in women, just as we found in our sample. Moreover, “other” foods contributed more to total sugar intake in men than in women [33], which is also consistent with our results.

Only a few studies from other countries have assessed free sugar intakes in their respective population [11–14,36–39]. All, except cross-sectional Swiss National Nutrition Survey 2014–2015 [11], used WHO’s free sugar definition. The %E from free sugars (11.7%) found in PREDISE was higher than what was observed in Spain (7.1%) [36], similar to results from Switzerland (11%) [11] and Australia (11.7%) [37] and lower than intakes reported in Germany (14%) [14]. To our knowledge, no population data about free sugar intake are available in the United States. However, the intake of added sugars was reported based on data from the NHANES survey (2015–2016). Intake of added sugars in adults was 16.2 teaspoon equivalents (68.2 g), which represented 13%E [40]. On the basis of the results from Kibblewhite and et al. [13], Sluik et al. [14], and Lei et al. [37], it can be suggested that free sugars usually provide 1%E–2%E more than added sugars. That would suggest that free sugar intake in the NHANES survey would be higher than what is observed in the present study (11.7%E).

Only a few studies have reported the intake of naturally occurring sugars. Ruiz et al. [36] reported a %E from naturally occurring sugars in Spain (9.3%E) higher than in the Québec population (7.5%E), whereas in Finland, the reported intake of naturally occurring sugars (6.3%E for women and 4.7%E for men) [41] was lower than in the Québec population. However, it should be noted that naturally occurring sugars were likely to be underestimated in the Finnish study because only sugars from fruits, vegetables, and fruit juices served to determine naturally occurring sugar intake [41].

Our results show that the majority of adults (55.4% of women and 59.2% of men) do not meet WHO’s recommendation on free sugar intake (i.e., less than 10%E from free sugars). This is also an observation made in other Western countries. In fact, our results are very similar to those obtained in Switzerland and New Zealand (56% of women and 55% of men [11] and 58% of the overall sample [13], respectively), slightly higher than what has been found in Australia (47%) [12], but lower than in the Dutch population (71% of women and 67% of men)

[14]. However, the results from our study and from all of the studies mentioned are very different from data obtained in Japan, where only 13.3% of women and 8.7% of men consumed more than 10%E from free sugars [39]. It is not surprising knowing that, compared with the Western diet, the Japanese diet contains less confectionaries and SSBs [39].

In the present study, some sociodemographic factors were found to be associated with sugar intake. The contribution of naturally occurring sugars to energy intake was higher in women than in men, but unlike other results, the %E from total sugars was not higher in women than in men [14, 41]. Just like in PREDISE, other studies have also shown that increasing age is associated with a lower intake of added [41–43] or free sugars [11,12]. On the basis of our results, being in the obese category is not significantly associated with the %E from free or naturally occurring sugars, while having a university degree is associated with a higher %E from naturally occurring sugars. These results are difficult to compare to previous studies because associations of BMI [41,42] and education [41,44] with sugar intakes are inconsistent in the literature. We also found in our study that the %E from free sugars was lower in under-reporters. To our knowledge, no other study has assessed free sugar intake according to the plausibility of reported energy intakes. Although some subgroups of our population were characterized by lower free sugar intake, none of them had a mean %E from free sugars lower than 10% (see Table S1). Public health efforts to reach WHO's target (i.e., less than 10%E from free sugars) are thus relevant and useful for all subgroups of our population.

As total sugar is often the only information available in nutrient databases and on food labels, we wanted to verify the strength of the correlations between total sugars and free and naturally occurring sugars. We found that in the overall diet (food and drinks together), both %E from free and naturally occurring sugars correlated positively with %E from total sugars, just like what was found in the study from Kaartinen et al. [41], for added and naturally occurring sugars. Our results showed that the association was stronger with free sugars than with naturally occurring sugars ($r = 0.79$ vs. $r = 0.45$), suggesting that total sugar intake more closely reflects free sugar intake than naturally occurring sugar intake in the overall diet. Also, we observed an inverse correlation between %E from free and naturally occurring sugars, which was also found by Kaartinen et al. [41] between added and naturally occurring sugars. This suggests that people eating more free sugars in proportion of daily energy also eat less naturally occurring sugars. When we analyzed drinks alone, for which the main sources of free sugars are fruit juices and soft drinks, we found that %E from free sugars correlated nearly perfectly with total sugar intake ($r = 0.91$). Therefore, on the basis of our results, focusing on total sugars on nutrition facts tables, as planned by the Government of Canada in its 2016 report on food labelling changes [45], seems to be an appropriate approach to guide Canadians to healthy choices, but mainly for drinks. The approach seems questionable for foods. Indeed, total and free sugars in drinks correlated more strongly than total and free sugars

in foods ($r = 0.69$). Adding directly the free sugar content on nutrition facts tables, for both foods and drinks, would better inform the consumer.

Strengths and Limits

The principal strengths of this study lie in the survey methodology itself. Participants were recruited with random digit-dialing in order to be representative in terms of age and sex of the adult French-speaking population of five of the main administrative regions of the Province of Québec. They completed three self-administered, web-based, validated, 24-hour dietary recalls on randomly allocated days. The large manually created recipes database used in the R24W also makes it unique. Free and naturally occurring sugars of mixed dishes are then precisely differentiated. On the basis of the current literature, we consider that we used the best possible approach to accurately differentiate total sugars in free and naturally occurring sugars. The method is simple, but it has to be emphasized that it is a time-consuming process.

Our study also has limitations. Just like every other similar method, subjectivity of certain steps may possibly affect the estimation of free sugar content. A total of 16.5% of individual food items from our database was concerned by steps involving subjective decisions. Despite being a possible limitation, subjective steps allow the necessary flexibility to estimate free sugar content of foods when we have less information [46]. Another limitation is that the FLIP database used as reference was built in 2013. It is possible that the composition of commercial foods has changed slightly since then, but it was the most recent database we could use at the time of conducting analyses related to sugar differentiation. However, the fact that we applied FLIP free over total sugars ratio to total sugar content of food items in our database, which are from the 2015 version of the CNF, mitigates this limitation. Finally, given that the %E from free sugars was much lower in under-reporters, but that this was not the case for the %E from naturally occurring sugars, we make the assumption that foods rich in free sugars were more specifically under reported in our sample. To mitigate this limitation, we considered the plausibility of self-reported energy intakes in our analysis.

Conclusions

The present study is the first to provide data about free and naturally occurring sugar intakes of adults from the Province of Québec using a methodology based on food composition.

The majority of our study participants, no matter the sociodemographic subsample, does not meet WHO's recommendation to consume less than 10%E from free sugars, which is concerning knowing their associations with a decreased diet quality [47] and weight gain [48], generating potential further detriments to health. In an effort to inform the public and encourage the food industry to change the formulation of their products to reduce

the sugar content, governments should consider free sugar labeling on processed foods [49] despite lobbies and various pressures.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/2072-6643/11/10/2317/s1>, Table S1: Unadjusted mean intakes of total, free, and naturally occurring sugars, expressed in grams; percentage of total sugars; and percentage of energy they provide, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada.

Author Contributions: Conceptualization, M.-È.L., J.R., S.D., V.P., C.C., M.-C.V., B.L., and S.L.; Formal analysis, A.B. (Amélie Bergeron), D.B., and A.B. (Alexandra Bédard); Software, C.L.; Supervision, S.L.; Writing—original draft, A.B. (Amélie Bergeron).

Funding: The present study was supported by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR; grant number FHG 129921). A. Bergeron is a recipient of a scholarship from the Fonds de recherche du Québec—Santé and from the CIHR. The funders had no role in the design, analysis, or writing of this article.

Acknowledgments: We thank the participants for their involvement in the study. The authors also want to thank Jodi Bernstein and Mary L'Abbé for sharing the FLIP 2013 database.

Conflicts of Interest: D.B. has received a speaking honorarium from the Dairy Farmers of Canada (DFC) in 2018 and holds a doctoral training award from the Fonds de recherche du Québec—Santé. M.C.V. is Canada Research Chair in Genomics Applied to Nutrition and Metabolic Health. B.L. is Chair of Nutrition at Laval University, which is supported by private endowments from Pfizer, La Banque Royale du Canada, and Provigo-Loblaws. The remaining authors have no conflicts of interest to disclose related to this work. The sponsors had no role in the design, execution, interpretation, or writing of the study.

References

1. Te Morenga, L.A.; Howatson, A.J.; Jones, R.M.; Mann, J. Dietary sugars and cardiometabolic risk: Systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *Am. J. Clin. Nutr.* 2014, 100, 65–79.
2. Aune, D.; Giovannucci, E.; Boffetta, P.; Fadnes, L.T.; Keum, N.; Norat, T.; Greenwood, D.C.; Riboli, E.; Vatten, L.J.; Tonstad, S. Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality—a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Int. J. Epidemiol.* 2017, 46, 1029–1056.
3. Schwingshackl, L.; Hoffmann, G.; Iqbal, K.; Schwedhelm, C.; Boeing, H. Food groups and intermediate disease markers: A systematic review and network meta-analysis of randomized trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 2018, 108, 576–586.
4. Schwingshackl, L.; Schwedhelm, C.; Hoffmann, G.; Lampousi, A.M.; Knuppel, S.; Iqbal, K.; Bechthold, A.; Schlesinger, S.; Boeing, H. Food groups and risk of all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 2017, 105, 1462–1473.
5. Malik, V.S.; Hu, F.B. Sugar-Sweetened Beverages and Cardiometabolic Health: An Update of the Evidence. *Nutrients* 2019, 11, 1840.
6. Xi, B.; Huang, Y.; Reilly, K.H.; Li, S.; Zheng, R.; Barrio-Lopez, M.T.; Martinez-Gonzalez, M.A.; Zhou, D. Sugar-sweetened beverages and risk of hypertension and CVD: A dose-response meta-analysis. *Br. J. Nutr.* 2015, 113, 709–717.
7. Mela, D.J.; Woolner, E.M. Perspective: Total, Added, or Free? What Kind of Sugars Should We Be Talking about? *Adv. Nutr.* 2018, 9, 63–69.
8. Clemens, R.A.; Jones, J.M.; Kern, M.; Lee, S.-Y.; Mayhew, E.J.; Slavin, J.L.; Zivanovic, S. Functionality of Sugars in Foods and Health. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2016, 15, 433–470.
9. World Health Organization (WHO). Guideline: Sugars Intake for Adults and Children; 9241549025; WHO: Geneva, Switzerland, 2015.
10. Health Canada. Canada’s Dietary Guidelines for Health Professionals and Policy Makers. Available online: <https://food-guide.canada.ca/en/guidelines/> (accessed on 9 September 2019).
11. Chatelan, A.; Gaillard, P.; Kruseman, M.; Keller, A. Total, Added, and Free Sugar Consumption and Adherence to Guidelines in Switzerland: Results from the First National Nutrition Survey menuCH. *Nutrients* 2019, 11, 1117.
12. Mok, A.; Ahmad, R.; Rangan, A.; Louie, J.C.Y. Intake of free sugars and micronutrient dilution in Australian adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 2018, 107, 94–104.
13. Kibblewhite, R.; Nettleton, A.; McLean, R.; Haszard, J.; Fleming, E.; Kruimer, D.; Te Morenga, L. Estimating Free and Added Sugar Intakes in New Zealand. *Nutrients* 2017, 9, 1292.
14. Sluik, D.; van Lee, L.; Engelen, A.I.; Feskens, E.J. Total, Free, and Added Sugar Consumption and Adherence to Guidelines: The Dutch National Food Consumption Survey 2007–2010. *Nutrients* 2016, 8, 70.
15. Health Canada. Canadian Nutrient File (CNF). Available online: <https://food-nutrition.canada.ca/cnf-fce/index-eng.jsp> (accessed on 9 September 2019).
16. Langlois, K.; Garriguet, D.; Gonzalez, A.; Sinclair, S.; Colapinto, C.K. Change in total sugars consumption among Canadian children and adults. *Health Rep.* 2019, 30, 10–19.
17. Hess, J.; Latulippe, M.E.; Ayoob, K.; Slavin, J. The confusing world of dietary sugars: Definitions, intakes, food sources and international dietary recommendations. *Food Funct.* 2012, 3, 477–486.
18. Louie, J.C.; Moshtaghian, H.; Boylan, S.; Flood, V.M.; Rangan, A.M.; Barclay, A.W.; Brand-Miller, J.C.; Gill, T.P. A systematic methodology to estimate added sugar content of foods. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2015, 69, 154–161.
19. Brisbois, T.D.; Marsden, S.L.; Anderson, G.H.; Sievenpiper, J.L. Estimated intakes and sources of total and added sugars in the Canadian diet. *Nutrients* 2014, 6, 1899–1912.
20. Health Canada. Eating Well with Canada’s Food Guide. Available online: <http://publications.gc.ca/collections/Collection/H164-38-1-2007E.pdf> (accessed on 9 September 2019).

21. Brassard, D.; Laramee, C.; Corneau, L.; Begin, C.; Belanger, M.; Bouchard, L.; Couillard, C.; Desroches, S.; Houle, J.; Langlois, M.F.; et al. Poor Adherence to Dietary Guidelines Among French-speaking Adults in the Province of Quebec, Canada: The PREDISE Study. *Can. J. Cardiol.* 2018, *34*, 1665–1673.
22. Lafreniere, J.; Laramee, C.; Robitaille, J.; Lamarche, B.; Lemieux, S. Relative validity of a web-based, self-administered, 24-h dietary recall to evaluate adherence to Canadian dietary guidelines. *Nutrition* 2019, *57*, 252–256.
23. Lafreniere, J.; Laramee, C.; Robitaille, J.; Lamarche, B.; Lemieux, S. Assessing the relative validity of a new, web-based, self-administered 24 h dietary recall in a French-Canadian population. *Public Health Nutr.* 2018, *21*, 2744–2752.
24. Lafrenière, J.; Lamarche, B.; Laramée, C.; Robitaille, J.; Lemieux, S. Validation of a newly automated web-based 24-h dietary recall using fully controlled feeding studies. *BMC Nutr.* 2017, *3*, 34.
25. Jacques, S.; Lemieux, S.; Lamarche, B.; Laramee, C.; Corneau, L.; Lapointe, A.; Tessier-Grenier, M.; Robitaille, J. Development of a Web-Based 24-h Dietary Recall for a French-Canadian Population. *Nutrients* 2016, *8*, 724.
26. Université Laval. Nutrific. Available online: <https://nutrific.fsa.ulaval.ca> (accessed on 9 September 2019).
27. United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference. Available online: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search> (accessed on 9 September 2019).
28. Health Canada. Canadian Nutrient File Users' Guide. Available online: www.healthcanada.gc.ca/cnf (accessed on 9 September 2019).
29. Bernstein, J.T.; Schermel, A.; Mills, C.M.; L'Abbe, M.R. Total and Free Sugar Content of Canadian Prepackaged Foods and Beverages. *Nutrients* 2016, *8*, 582.
30. Huang, T.T.; Roberts, S.B.; Howarth, N.C.; McCrory, M.A. Effect of screening out implausible energy intake reports on relationships between diet and BMI. *Obes. Res.* 2005, *13*, 1205–1217.
31. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids; National Academy Press: Washington, DC, USA, 2005.
32. Brassard, D.; Laramée, C.; Provencher, V.; Vohl, M.-C.; Robitaille, J.; Lemieux, S.; Lamarche, B. Consumption of low nutritive value foods and cardiometabolic risk factors among French-speaking adults from Quebec, Canada: The PREDISE study. *Nutr. J.* 2019, *18*, 49.
33. Plante, C.; Rochette, L.; Blanchet, C. Les Apports et les Sources Alimentaires de Sucre, de Sodium et de Gras Saturés Chez les Québécois; Institut national de santé publique du Québec: Québec, QC, Canada, 2019; p. 34.
34. Garriguet, D. Accounting for misreporting when comparing energy intake across time in Canada. *Health Rep.* 2018, *29*, 3–12.
35. Langlois, K.; Garriguet, D. Sugar consumption among Canadians of all ages. *Health Rep.* 2011, *22*, 23–27.
36. Ruiz, E.; Rodriguez, P.; Valero, T.; Avila, J.M.; Aranceta-Bartrina, J.; Gil, A.; Gonzalez-Gross, M.; Ortega, R.M.; Serra-Majem, L.; Varela-Moreiras, G. Dietary Intake of Individual (Free and Intrinsic) Sugars and Food Sources in the Spanish Population: Findings from the ANIBES Study. *Nutrients* 2017, *9*, 275.
37. Lei, L.; Rangan, A.; Flood, V.M.; Louie, J.C. Dietary intake and food sources of added sugar in the Australian population. *Br. J. Nutr.* 2016, *115*, 868–877.
38. Gupta, A.; Smithers, L.G.; Braunack-Mayer, A.; Harford, J. How much free sugar do Australians consume? Findings from a national survey. *Aust. N. Z. J. Public Health* 2018, *42*, 533–540.
39. Fujiwara, A.; Murakami, K.; Asakura, K.; Uechi, K.; Sugimoto, M.; Wang, H.C.; Masayasu, S.; Sasaki, S. Estimation of Starch and Sugar Intake in a Japanese Population Based on a Newly Developed Food Composition Database. *Nutrients* 2018, *10*, 1474.
40. Bowman, S.; Clemens, J.; Friday, J.; Schroeder, N.; Shimizu, M.; LaComb, R.; Moshfegh, A. Food Patterns Equivalents Intakes by Americans: What We Eat in America, NHANES 2003–2004 and 2015–2016; Dietary Data Brief Technical Report No. 20; Food Surveys Research Group: Beltsville, MD, USA, 2018.
41. Kaartinen, N.E.; Simila, M.E.; Kanerva, N.; Valsta, L.M.; Harald, K.; Mannisto, S. Naturally occurring and added sugar in relation to macronutrient intake and food consumption: Results from a population-based study in adults. *J. Nutr. Sci.* 2017, *6*, e7.

42. Park, S.; Thompson, F.E.; McGuire, L.C.; Pan, L.; Galuska, D.A.; Blanck, H.M. Sociodemographic and Behavioral Factors Associated with Added Sugars Intake among US Adults. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2016, 116, 1589–1598.
43. Fisberg, M.; Kovalskys, I.; Gomez, G.; Rigotti, A.; Sanabria, L.Y.C.; Garcia, M.C.Y.; Torres, R.G.P.; Herrera-Cuenca, M.; Zimberg, I.Z.; Koletzko, B.; et al. Total and Added Sugar Intake: Assessment in Eight Latin American Countries. *Nutrients* 2018, 10, 389.
44. Azais-Braesco, V.; Sluik, D.; Maillot, M.; Kok, F.; Moreno, L.A. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutr. J.* 2017, 16, 6.
45. Government of Canada. Food Labelling Changes. Available online: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-labelling-changes.html> (accessed on 9 September 2019).
46. Yeung, C.H.; Louie, J.C. Methodology for the assessment of added/free sugar intake in epidemiological studies. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 2019, 22, 271–277.
47. Dietary Guidelines Advisory Committee. Scientific Report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee: Advisory Report to the Secretary of Health and Human Services and the Secretary of Agriculture; US Department of Agriculture, Agricultural Service: Washington, DC, USA, 2015.
48. Te Morenga, L.; Mallard, S.; Mann, J. Dietary sugars and body weight: Systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ* 2012, 346, e7492.
49. Bernstein, J.T.; L'Abbe, M.R. Added sugars on nutrition labels: A way to support population health in Canada. *CMAJ* 2016, 188, E373–E374.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Supplementary data

Table S1 : Unadjusted mean (95% CI) intakes of total, free and naturally occurring sugars, expressed in grams, percentage of total sugars and percentage of energy they provide, in a representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	n (weighted)	Total sugars, g	Percentage of total sugars, %		Energy, kcal	Energy provided by, %kcal		
			Free sugars	Naturally occurring sugars		Total sugars	Free sugars	Naturally occurring sugars
Sex								
Women	576	104.9 (101.4-108.4) _a	57.0 (55.7-58.4) _a	43.0 (41.6-44.3) _a	2116 (2071-2161) _a	19.8 (19.3-20.3)	11.5 (11.0-11.9)	8.3 (8.0-8.7) _a
Men	571	128.1 (122.9-133.3) _b	62.2 (60.8-63.6) _b	37.8 (36.4-39.2) _b	2692 (2624-2759) _b	18.8 (18.2-19.3)	12.0 (11.5-12.5)	6.7 (6.4-7.0) _b
P		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.03	0.03	<0.0001
Age group, y								
18-34	408	121.7 (116.0-127.4) _a	62.5 (60.9-64.1) _a	37.5 (35.9-39.1) _a	2461 (2386-2536) _a	19.6 (19.0-20.2)	12.5 (12.0-13.1) _a	7.1 (6.7-7.5)
35-49	338	116.6 (110.8-122.3) _b	58.6 (56.7-60.5) _b	41.4 (39.5-43.3) _b	2432 (2364-2500) _b	19.0 (18.3-19.7)	11.5 (10.8-12.2) _b	7.5 (7.1-7.9)
50-65	400	111.0 (106.1-115.8) _c	57.4 (55.8-59.1) _b	42.6 (40.9-44.2) _b	2317 (2253-2382) _c	19.2 (18.6-19.7)	11.2 (10.7-11.7) _b	8.0 (7.6-8.3)
P		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.33	0.0003	0.001
Administrative region								
Estrie	110	111.0 (101.3-120.6)	59.0 (55.6-62.3)	41.0 (37.7-44.4)	2390 (2288-2493)	18.3 (17.2-19.4)	11.1 (10.0-12.1)	7.2 (6.5-7.9)
Saguenay-Lac-Saint-Jean	107	129.8 (118.9-140.6)	63.9 (61.0-66.8)	36.1 (33.2-39.0)	2510(2372-2647)	20.6 (19.4-21.7)	13.4 (12.3-14.5)	7.2 (6.6-7.8)
Capitale-Nationale/ Chaudière-Appalaches	435	116.6 (111.2-121.9)	59.3 (57.6-60.9)	40.7 (39.1-42.4)	2408 (2340-24745)	19.2 (18.6-19.8)	11.6 (11.1-12.2)	7.6 (7.2-7.9)
Montréal	397	114.7 (109.7-119.8)	58.3 (56.6-59.9)	41.7 (40.1-43.4)	2375(2306-2443)	19.3 (18.7-19.9)	11.5 (11.0-12.0)	7.8 (7.4-8.2)
Mauricie	99	114.4 (103.2-125.6)	62.4 (59.3-65.4)	37.6 (34.6-40.7)	23889(2243-2534)	19.2 (17.8-20.5)	12.1 (11.1-13.2)	7.0 (6.2-7.8)
P		0.17	0.06	0.06	0.85	0.07	0.03	0.49
BMI group, kg/m²								
Normal (< 25.0)	453	117.8 (112.9-122.6) _a	59.0 (57.4-60.5)	41.0 (39.5-42.6)	2346 (2284-2409) _a	19.9 (19.4-20.4)	12.0 (11.5-12.5)	7.9 (7.6-8.3)
Overweight (25.0-29.9)	383	115.1 (109.6-120.5) _a	59.4 (57.7-61.0)	40.6 (39.0-42.3)	2454 (2379-2529) _b	18.7 (18.1-19.3)	11.3 (10.8-11.8)	7.4 (7.0-7.8)
Obese (≥ 30.0)	312	116.2 (110.1-122.2) _b	60.7 (58.8-62.6)	39.3 (37.4-41.2)	2420 (2337-2503) _c	19.1 (18.4-19.8)	12.0 (11.3-12.6)	7.1 (6.7-7.5)
P		<0.0001	0.05	0.05	<0.0001	0.07	0.03	0.02
Education								
High school or less	284	117.7 (110.0-125.4)	62.8 (60.9-64.7) _a	37.2 (35.3-39.1) _a	2402 (2301-2502)	19.3 (18.5-20.1)	12.4 (11.6-13.1)	6.9 (6.4-7.4) _a
CEGEP	353	111.9 (106.8-116.9)	60.7 (58.9-62.5) _a	39.3 (37.5-41.1) _a	2374 (2301-2446)	18.8 (18.2-19.4)	11.7 (11.1-12.2)	7.1 (6.7-7.5) _a
University	510	118.9 (114.5-123.3)	57.0 (55.6-58.5) _b	43.0 (41.5-44.4) _b	2423 (2366-2479)	19.6 (19.1-20.1)	11.4 (11.0-11.9)	8.2 (7.8-8.5) _b
P		0.22	<0.0001	<0.0001	0.68	0.18	0.14	<0.0001
Reporting status								
Under reporters	185	69.0 (64.8-73.1) _a	55.1 (52.3-57.9) _a	44.9 (42.1-47.7) _a	1577 (1521.4-1633) _a	17.9 (16.9-18.9)	10.1 (9.3-11.0) _a	7.7 (7.1-8.4)
Plausible reporters	613	108.6 (105.5-111.7) _b	59.8 (58.4-61.1) _b	40.2 (38.9-41.6) _b	2248 (2218.0-2278) _b	19.3 (18.9-19.8)	11.9 (11.4-12.3) _b	7.5 (7.2-7.8)
Over reporters	348	155.5 (148.9-162.1) _c	61.6 (60.0-63.3) _c	38.4 (36.7-40.0) _c	3114 (3039.6-3188) _c	19.9 (19.3-20.6)	12.4 (11.9-13.0) _b	7.5 (7.1-8.0)
P		<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.01	<0.0001	0.11

Daily intakes are presented as unadjusted means (95% Confidence Interval). P values are the main effect of sociodemographic characteristic on sugar intakes in the linear model. A P value <0.001 was considered statistically significant. _{a,b,c} Subgroups means without a common superscript are different (Tukey-Kramer). x CEGEP is a preuniversity and technical college institution specific to the Province of Quebec.

Chapitre 5 - Associations entre les apports en sucres libres et naturellement présents provenant des aliments solides et des boissons, la qualité de l'alimentation et les facteurs de risque cardiométabolique dans la population adulte québécoise : Le projet PREDISE

Titre original de l'article : Associations among free and naturally occurring sugar intakes from solid foods and drinks, diet quality and cardiometabolic risk factors in the Québec adult population: the PREDISE study. Version soumise à la revue The Journal of Nutrition.

Authors: Amélie Bergeron^{1,2}, Marie-Ève Labonté^{1,2}, Didier Brassard^{1,2}, Catherine Laramée¹, Julie Robitaille^{1,2}, Sophie Desroches^{1,2}, Véronique Provencher^{1,2}, Charles Couillard^{1,2}, Marie-Claude Vohl^{1,2}, Mathieu Bélanger³, Benoît Lamarche^{1,2}, Simone Lemieux^{1,2}

Authors Affiliations :

¹Centre Nutrition, santé et société (NUTRISS), Institute of Nutrition and Functional Foods, Université Laval, Québec, Canada

²School of Nutrition, Université Laval, Québec, Canada

³Department of Family Medicine, Université de Sherbrooke, Moncton, Canada

Sources of support: The present study was supported by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR; grant number FHG 129921). The funder had no role in the design, implementation, analysis, interpretation of the data and writing of this article.

Conflict of Interest and Funding Disclosure : Amélie Bergeron is a recipient of a scholarship from the Fonds de recherche du Québec – Santé and from the CIHR, no conflicts of interest. Marie-Ève Labonté, no conflicts of interest. Didier Brassard has received a speaking honorarium from the Dairy Farmers of Canada in 2018 and holds a doctoral training award from the Fonds de recherche du Québec - Santé, no conflicts of interest. Catherine Laramée, no conflicts of interest. Julie Robitaille, no conflicts of interest. Sophie Desroches, no conflicts of interest. Véronique Provencher, no conflicts of interest. Charles Couillard, no conflicts of interest. Marie-Claude Vohl is Canada Research Chair in Genomics Applied to Nutrition and Metabolic Health, no

conflicts of interest. Mathieu Bélanger, no conflicts of interest. Benoît Lamarche is Chair of Nutrition at Université Laval which is supported by private endowments from Pfizer, La Banque Royale du Canada and Provigo-Loblaws, no conflicts of interest. Simone Lemieux, no conflicts of interest.

Corresponding author: Simone Lemieux

Institute of Nutrition and Functional Foods, Université Laval, 2440 boul. Hochelaga, local 2734, Quebec City, QC, Canada, G1V 0A6

Telephone number: 1-418-651-2131 #403637. Fax Number: 1-418-656-5877

Simone.Lemieux@fsaa.ulaval.ca

Abbreviations used : AHEI, Alternative Healthy Eating Index 2010; BMI, Body Mass Index; CRP, C Reactive Protein; DBP, Diastolic Blood Pressure; FG, fasting glucose; FS, Free Sugar; HDL, High Density Lipoprotein Cholesterol; HOMA-IR, Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance; LDL, Low Density Lipoprotein Cholesterol; MAP, Mean Arterial Pressure; MS Z Score, Metabolic Syndrome Z Score NOS, Naturally Occurring Sugar; NCEP-ATP III, National Cholesterol Education Program - Adult Treatment Panel III; SBP, Systolic Blood Pressure; SSB, sugar-sweetened beverages; TG, Triglycerides; WC, Waist Circumference; WHO, World Health Organization; %E, Percentage of daily energy.

Résumé

Objectif: Examiner les associations entre le sucre libre et naturellement présent des boissons et aliments, la qualité alimentaire et des marqueurs cardiométabolique chez des adultes québécois.

Méthodes: Les apports alimentaires ont été évalués avec trois rappels de 24h et la qualité alimentaire, avec le *Alternative Healthy Eating Index-2010(AHEI)*. Les variables cardiométaboliques ont été mesurées.

Résultats: Le sucre libre des boissons était inversement associé au AHEI ($r=-0,50$), contrairement au sucre naturellement présent des aliments ($r=0,59$). Les corrélations univariées étaient faibles ($r:-0,16$ à $0,15$) et respectivement défavorables et favorables pour les associations reliant le sucre libre (boissons) et le sucre naturellement présent (aliments) à plusieurs marqueurs cardiométaboliques. Dans les régressions ajustées pour le AHEI et des variables sociodémographiques, peu d'associations étaient significatives.

Conclusion: Le sucre libre des boissons et le sucre naturellement présent des aliments sont associés de manière opposée et faible au risque cardiométabolique. La qualité alimentaire et les variables sociodémographiques influencent ces associations.

Abstract

Background : The associations between sugar consumption and cardiometabolic health, taking into account its physical structure (liquid vs. solid) and type (free sugar (FS) vs. naturally occurring sugar (NOS)), remain to be thoroughly documented, just as the impact of diet quality on these associations.

Objective : To examine associations among FS and NOS intakes from drinks and solid foods, diet quality and cardiometabolic risk factors in a sample of French-speaking adults from the Province of Québec, Canada.

Methods : Data were collected for the cross-sectional PREDISE study (n=1019, 18-65 years of age; 50% women). FS and NOS were assessed with three 24-hour dietary recalls using a self-administered, web-based application. Diet quality was assessed using the Alternative Healthy Eating Index 2010. Participants underwent on-site clinical assessment of cardiometabolic variables.

Results: FS from drinks was inversely associated with diet quality ($r=-0.50$), while NOS from solid foods was positively associated with diet quality ($r=0.59$). Many unfavorable univariable correlations between FS intake and health markers were observed, especially for FS from drinks, (fasting insulin, HOMA-IR, HDL, total cholesterol/HDL, blood pressure and metabolic syndrome Z score) while many favorable associations between NOS and health markers were observed, especially for NOS from solid foods (waist circumference, fasting insulin, HOMA-IR, C-Reactive protein, triglycerides, HDL, total cholesterol/HDL, blood pressure and metabolic syndrome Z score). Univariable correlation coefficients ranged from -0.16 to 0.15, suggesting associations of low magnitude. Most associations between sugar intakes and health markers were no longer significant when entering diet quality as well as sociodemographic and lifestyle variables in regression models.

Conclusion: Our data showed that FS from drinks and NOS from solid foods are respectively associated positively and negatively with cardiometabolic risk factors. However, the associations are generally of small magnitude and mostly driven by the overall diet quality and sociodemographic and lifestyle variables.

Keywords: Sugar intakes, free sugars, naturally occurring sugars, drinks, solid foods, diet quality, cardiometabolic risk factors, adults, PREDISE study, 24-hour dietary recall.

Introduction

Recently, scientific and mediatic attention around sugars has increased (1). Also, countries and health organizations have set recommendations about the consumption of added, free or total sugars (2). Chemically, the sugar molecules may be the same but the state they are in (added, free or naturally occurring in foods) changes the definition we give them. As defined by USDA, added sugars are “[...] caloric sweeteners that are added to foods as ingredients during food processing, during food preparation, or at the table” (3). According to the World Health Organization (WHO), free sugar definition includes all added sugars plus sugars in fruit juices (4). Total sugars correspond to the sum of free sugars and sugars that are naturally present in foods such as fruits or milk.

WHO recommends limiting free sugar intake to a maximum of 10% of daily energy (%E) and even proposes to aim at a 5% limit as a conditional recommendation, particularly to prevent dental caries (4). The Scientific Advisory Committee on Nutrition advising the United Kingdom government organisations also recommends a maximum of 5%E from free sugars in order to limit total energy intake and the risk of dental caries (5). Health Canada, through the Canada's dietary guidelines for health professionals and policy makers, issued along with the 2019 version of the Canada's food guide, endorses the WHO recommendation (6). In order to limit free sugar intake, Health Canada recommends to reduce consumption of highly processed foods and sugary drinks and to consume nutritious food containing little to no free sugars (6).

For over a decade, an increasing number of studies on sugars and their effects on cardiometabolic outcomes and risk factors were published in the literature (1). However, most studies were on sugar-sweetened beverages (SSB) (7), whose consumption is clearly linked with adverse health outcomes (8, 9) and which is sometimes used as a proxy for total sugar consumption (10). However, other aspects of sugar consumption such as the physical form (liquid vs. solid; i.e. drinks vs. solid foods) of sugar-containing foods (11) and the type of sugar (total, added, free or naturally occurring) (8) have not been as thoroughly studied (7). This impedes the comprehensive understanding of the complex associations between sugar intake and health outcomes. Furthermore, associations between diet and health may have explanations far more complex than strictly based on the effect of single nutrients (12). The fact that sugar intake can be a marker of diet quality suggests that the associations between sugar and health is mediated, at least in part, by diet quality (13). In fact, a high intake of added or free sugars may be the reflection of a poorer diet quality, namely through nutrient dilution, if foods rich in added or free sugars are eaten in replacement of nutrient-dense foods (14, 15).

Tybor et al., through their evidence map, systematically reviewed all published studies on dietary sugars and identified knowledge gaps in the complex relationship between sugar intake and health outcomes (1). In designing the present study, we considered some of the research questions still insufficiently studied as noted

by Tybor et al. such as “What factors modify the effects of sugars intake on cardiovascular disease outcomes?” and “Does type, form, source, or timing of dietary sugars have different effects on cardiovascular disease outcomes?” (1). Therefore, the objective of the present study was to examine the associations among the intake of free and naturally occurring sugars from drinks and solid foods, diet quality and cardiometabolic risk factors in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults from the Province of Québec, Canada. We hypothesize that the intake of free sugars is inversely associated with diet quality, whereas the intake of naturally occurring sugars is positively associated with diet quality. We also hypothesize that the type of sugars (free vs. naturally occurring) and the physical form in which they are consumed (solid foods vs. drinks) are differently associated with cardiometabolic risk factors and that these associations are strongly explained by diet quality.

Methods

Participants and procedures

The PREDISE (PRÉDICTeurs Individuels, Sociaux et Environnementaux) study is a cross-sectional, web-based and multicentered study that was designed to assess how individual, social and perceived environmental factors are associated with adherence to dietary guidelines (16). Participants were recruited between August 2015 and April 2017 using random digit dialing in five different administrative regions in the province of Québec, Canada: Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches, Estrie, Mauricie, Montréal and Saguenay-Lac-St-Jean. The final sample is representative upon sex and predetermined age groups (18-34, 35-49 and 50-65 years) of the five administrative regions and includes 1147 participants (50.2% women), who were mostly Caucasian (94.3%) with a university degree (44.5%). Participants had to fill out an online socio-demographic questionnaire and were asked to complete three 24-hour dietary recalls using an automated self-administered web-based 24-h dietary recall instrument (R24W). Participants were also invited for blood sampling and anthropometric measurements at the research centre partner of the project in their respective administrative region. Detailed methodology is described elsewhere (17). For this study, only participants who came to their research center visit and who were fasted before blood sampling (n=1019) were included. A total of 98.9% of participants in the sample completed three web-based 24-hour dietary recalls and all participants in this study's sample completed at least two web-based 24-hour recalls. Written informed consent was obtained from all participants. The project was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Research Ethics Committees of Université Laval (ethics number: 2014-271), Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (ethics number: MP-31-2015-997), Montreal Clinical Research Institute (ethics number: 2015-02), and Université du Québec à Trois-Rivières (ethics number: 15-2009-07.13).

Dietary assessment

The R24W has been validated (18-20). The nutritional value of foods declared by participants is automatically calculated by the R24W using data from the Canadian Nutrient File (21). Dietary intake data used in this study is based on the average of all recalls in each individual. Total sugar content of each food item was differentiated into free sugars (FS) and naturally occurring sugars (NOS) in the R24W database with a step-by-step systematic methodology (22) inspired from an algorithm developed by Louie et al. (23), modified by Bernstein et al. (24) and using the WHO free sugar definition: “Free sugars include monosaccharides and disaccharides added to foods and beverages by the manufacturer, cook or consumer, and sugars naturally present in honey, syrups, fruit juices and fruit juice concentrates” (4). The complete sugar differentiation methodology used is presented elsewhere (22). Main food sources of sugars were based on food categories determined by the Canadian Bureau of Nutritional Sciences and used to assess main sources of total sugar from the 2015 Canadian Community Health Surveys (25). The drinks category included alcoholic beverages, hot drinks (coffee, hot chocolate, tea), energy drinks, soft drinks, sport drinks, plant-based beverages, water, fruit juices, fruit drinks, vegetable juices, milk, milk-shakes, smoothies and powders and concentrates used to reconstitute those drinks. Solid foods were all foods not included in the drinks category.

Diet quality

The Alternative Healthy Eating Index 2010 (AHEI) was used to assess diet quality and was used as a covariate in linear regression models. A score (maximum 110) was calculated for each participant based on their intakes of various food groups and specific nutrients, as detailed elsewhere (26). A higher score indicates a diet that is associated with a significant reduction in chronic disease risk (cardiovascular disease, type 2 diabetes, cancer and neurodegenerative disease) and all-cause mortality (26, 27).

Plausibility of self-reported energy intakes

The plausibility of self-reported energy intakes was determined using a method described by Huang et al. (28). Reported energy intake was compared to predicted energy requirements calculated with equations from the Institute Of Medicine (29). A ratio of self-reported energy intake over predicted energy requirements < 0.78 implied under-reporting whereas a ratio > 1.22 suggested over-reporting.

HOMA-IR

Homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) was calculated by multiplying fasting glucose (mmol/L) by fasting insulin (pmol/L) and dividing the product by 135, as proposed by Matthews et al. (30).

Continuous metabolic syndrome risk score (Z score)

To assess a continuous metabolic syndrome risk score (MS Z score), we used formula that were previously documented (31) in which each component was normalized at the reference threshold of the NCEP-ATP III for men and women separately (32). More precisely, normalized, continuous metabolic syndrome Z scores were calculated as :

Women : $((1.29\text{-HDL})/0.46)+((\text{TG}-1.7)/0.93)+((\text{FG}-5.6)/0.86)+((\text{WC}-88)/15.79)+((\text{MAP}-100)/10.80)$

Men : $((1.03\text{-HDL})/0.37)+((\text{TG}-1.7)/0.93)+((\text{FG}-5.6)/0.86)+((\text{WC}-102)/15.58)+((\text{MAP}-100)/10.80)$ (31).

Where HDL = High density lipoprotein cholesterol (mmol/L); TG = triglycerides (mmol/L); FG = fasting glucose (mmol/L); WC = waist circumference (cm); MAP = mean arterial pressure ((diastolic blood pressure (mm Hg) multiplied by 2 + systolic blood pressure (mm Hg))/3); denominators are finite population standard deviations of the corresponding variables specific to the PREDISE sample and were calculated while taking into consideration the stratified sampling methods of the PREDISE Study.

Statistical analyses

To account for the stratified design of the study, analyses were performed using SURVEY procedures in SAS Studio (version 3.6). Because the sample size was larger than anticipated, sampling weights were calculated. Missing sociodemographic characteristics, used as covariates, were imputed using the fully efficient fractional imputation method (household income level (n=94), education level (n=6), and physical activity level (either low, moderate or high; n=119)), as presented elsewhere (17). Descriptive analyses were used to present population characteristics and to determine food sources of all types of sugars. Sugar intakes were expressed as percentages of daily energy intake (%E), which allows to study the effect of sugars independently of the energy intake. Unadjusted Spearman correlations were performed to assess univariable associations between %E from free and naturally occurring sugars (from overall diet, solid foods only and drinks only) and 1) diet quality (AHEI); 2) individual cardiometabolic health markers (waist circumference, fasting glucose and insulin, HOMA-IR, C-Reactive protein (CRP), triglycerides (TG), low- and high- density lipoprotein cholesterol (LDL and HDL cholesterol), ratio of total/HDL cholesterol, systolic and diastolic blood pressures (SBP and DBP) and metabolic syndrome Z score (MS Z score)). Participants with reported type 1 diabetes (n=5) were excluded from analyses involving fasting glucose and insulin, HOMA-IR and MS Z score. Participants with CRP concentrations of 10 mg/L or more (n=60), which indicates acute inflammation process (33), were excluded from analyses involving CRP. Multiple linear regressions were performed to assess the associations between %E from FS and NOS and cardiometabolic health markers. Fasting glucose, fasting insulin, HOMA-IR, CRP and TG variables were log transformed due to the linear regression models' residuals not being normally distributed. Model 1 was adjusted

for diet quality only (AHEI score). Sex, continuous age, administrative region (Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches, Estrie, Mauricie, Montréal and Saguenay-Lac-St-Jean), continuous waist circumference (except when waist circumference is the studied outcome), education level (high school or no diploma, CEGEP (preuniversity and technical college institution particular to the Province of Québec educational system, which is considered higher than high school and lower than university), university), household income level in Canadian dollars (<30,000, ≥30,000 to <60,000, ≥60,000 to <90,000, ≥90,000), smoking (yes, no, former smoker), physical activity (low, moderate, high), plausibility of self-reported energy intakes (under, plausible, over reporters), the number of 24-hour dietary recalls completed on week-end days (0, 1, 2, 3) and the use of medications that could affect health outcomes (anti-diabetic, antihypertensive, lipid-lowering and anti-inflammatory drugs, heart disease medications and hormones) were added to AHEI score as covariates in model 2. Associations at $p < 0.05$ were considered significant.

Results

Population characteristics

Characteristics of study participants are presented in Table 1. Mean age is slightly over 40 years old, mean BMI is in the overweight range and mean waist circumference is above recommendations for women and men (34). Mean %E from FS is over WHO's recommendation to consume less than 10%E from free sugars, as presented elsewhere (22).

Table 1. Mean (95%CI) characteristics of an age- and sex- representative sample of French-speaking adults from the Province of Québec, Canada

	All	Women	Men
Age (years)	43.5 (43.1; 43.8)	43.4 (42.9; 44.0)	43.5 (42.9; 44.0)
Body mass index (kg/m ²)	27.5 (27.1; 27.9)	27.2 (26.6; 27.7)	27.8 (27.3; 28.3)
Waist circumference (cm)	92.3 (91.3; 93.2)	87.8 (86.5; 89.2)	96.9 (95.6; 98.3)
Fasting glucose (mmol/L)	5.2 (5.1; 5.3)	5.1 (5.0; 5.2)	5.3 (5.2; 5.4)
Fasting insulin (pmol/L)	98.9 (94.8; 103.1)	95.7 (90.5; 100.9)	102.3 (95.9; 108.7)
HOMA-IR	3.9 (3.7; 4.1)	3.7 (3.5; 4.0)	4.2 (3.8; 4.5)
C Reactive protein (mg/L)	2.2 (2.1; 2.4)	2.5 (2.3; 2.7)	1.9 (1.8; 2.1)
Triglycerides (mmol/L)	1.4 (1.3; 1.4)	1.3 (1.2; 1.4)	1.4 (1.3; 1.5)
LDL cholesterol (mmol/L)	2.8 (2.8; 2.9)	2.8 (2.8; 2.9)	2.8 (2.8; 2.9)
HDL cholesterol (mmol/L)	1.4 (1.4; 1.5)	1.5 (1.5; 1.6)	1.3 (1.3; 1.4)
Total cholesterol/HDL (mmol/L)	3.7 (3.6; 3.8)	3.5 (3.4; 3.6)	3.9 (3.8; 4.0)
Systolic blood pressure (mm Hg)	117.8 (117.0; 118.6)	113.0 (111.8; 114.1)	122.8 (121.7; 123.8)
Diastolic blood pressure (mm Hg)	73.5 (73.0; 74.1)	71.9 (71.1; 72.7)	75.2 (74.4; 76.0)
Metabolic syndrome Z score	-2.7 (-2.9; -2.5)	-2.9 (-3.2; -2.6)	-2.6 (-2.8; -2.3)
Daily energy intake (kcal)	2411 (2368; 2453)	2124 (2078; 2171)	2708 (2637; 2779)
%E from total sugars	19.3 (18.9; 19.7)	19.8 (19.3; 20.3)	18.8 (18.3; 19.3)
%E from FS	11.8 (11.5; 12.1)	11.5 (11.1; 12.0)	12.1 (11.5; 12.6)
%E FS in drinks	4.2 (3.9; 4.4)	3.7 (3.4; 4.1)	4.7 (4.3; 5.0)
%E FS in solid foods	7.6 (7.4; 7.8)	7.8 (7.5; 8.1)	7.4 (7.1; 7.7)
%E from NOS	7.6 (7.4; 7.8)	8.3 (8.0; 8.7)	6.8 (6.5; 7.1)
%E NOS in drinks	1.9 (1.8; 2.0)	2.0 (1.8; 2.2)	1.8 (1.6; 1.9)
%E NOS in solid foods	5.7 (5.5; 5.9)	6.3 (6.0; 6.6)	5.0 (4.8; 5.3)
AHEI score	53.7 (53.1; 54.4)	55.2 (54.2; 56.1)	52.3 (51.3; 53.3)

Means are presented with (95%CI). Energy and sugar intakes presented are means of average of all dietary recalls in each individual. n are listed for each variable : age, energy and sugar intakes and AHEI score (n=1019; 516 women, 503 men); body mass index (n=1017; 515 women, 502 men), waist circumference (n=1017; 516 women, 501 men), fasting glucose, fasting insulin and HOMA-IR (n=1004; 507 women, 497 men), C Reactive protein (n=947; 462 women, 485 men), triglycerides, LDL, HDL and Total cholesterol/HDL (n=1009; 509 women, 500 men); systolic and diastolic blood pressures (n=1018; 515 women, 503 men) and metabolic syndrome Z score (n=1001; 506 women, 495 men), for which a higher score indicates a stronger presence of the metabolic syndrome. A higher AHEI score (maximum 110) indicates a diet that is associated with a significant reduction in chronic disease risk and all-cause mortality. AHEI, Alternative Healthy Eating Index 2010; FS, free sugar; NOS, naturally occurring sugar; %E, percentage of daily energy.

Food sources of sugars

In our sample, sugars, syrups and confectionary (20.4%), fruits juices (17.6%) and baked products (17.2%) were the main sources of FS. Soft drinks category was the fourth contributor to FS intake (8.5%). Top food sources of NOS were whole fruits (34.7%), milk (24.2%) and vegetables (14.6%). Top food sources of total, free and naturally occurring sugars are presented in (Supplemental Table 1).

Univariable associations of sugar intake with diet quality and cardiometabolic health markers

Table 2a shows univariable correlation coefficients for the associations of %E as FS, either in the overall diet, in solid foods only or in drinks only, with AHEI and cardiometabolic risk factors. %E as FS from solid foods only and from drinks only was inversely associated with AHEI. Associations between %E as FS and cardiometabolic health markers were of small magnitude, with correlation coefficients ranging from -0.13 to 0.08. %E as FS from solid foods was only associated with fasting glucose (weak inverse association). %E as FS from drinks was weakly associated with higher fasting insulin, HOMA-IR, ratio of total cholesterol/HDL, SBP, DBP and MS Z score, and a lower HDL cholesterol.

Table 2b shows univariable correlation coefficients for the associations relating %E as NOS, in the overall diet, in solid foods only and in drinks only, to AHEI and cardiometabolic health markers. %E as NOS from solid foods was positively associated with AHEI, whereas %E as NOS from drinks was not. Some associations were observed between %E as NOS from solid foods and the cardiometabolic profile, but correlation coefficients were relatively weak, ranging from -0.16 to 0.15. In fact, weak inverse associations were found between %E as NOS from solid foods and waist circumference, fasting insulin, HOMA-IR, CRP, TG, ratio of total cholesterol/HDL, SBP, DBP and MS Z score. A weak positive association was also seen between %E as NOS from solid foods and HDL. %E as NOS from drinks was only associated with fasting glucose (inverse association).

Table 2a. Correlations between %E from free sugars (FS) and diet quality and cardiometabolic risk factors, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	AHEI	WC	Fasting glucose	Fasting insulin	HOMA-IR	CRP	TG	LDL	HDL	Total chol./HDL	SBP	DBP	MS Z score
n	1019	1017	1004	1004	1004	947	1009	1009	1009	1009	1018	1018	1001
%E FS from													
Overall diet													
<i>r</i>	-0.43	0.02	-0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.02	-0.09	0.07	0.07	0.08	0.05
<i>p</i>	<.0001	0.49	0.32	0.10	0.21	0.47	0.40	0.62	0.004	0.03	0.03	0.01	0.08
Solid foods													
<i>r</i>	-0.10	-0.02	-0.09	-0.04	-0.06	-0.007	-0.01	0.04	0.003	0.02	0.02	0.02	-0.02
<i>p</i>	0.001	0.45	0.01	0.18	0.07	0.83	0.75	0.26	0.93	0.61	0.61	0.49	0.54
Drinks													
<i>r</i>	-0.50	0.04	0.02	0.08	0.08	0.02	0.04	-0.02	-0.13	0.08	0.07	0.07	0.07
<i>p</i>	<.0001	0.16	0.50	0.01	0.02	0.52	0.17	0.57	<.0001	0.01	0.03	0.02	0.02

Unadjusted Spearman correlation coefficients (*r*) are presented. See (Supplemental Table 2) for univariable correlation coefficients between %E from FS from solid foods and drinks and each subscore of the AHEI. AHEI, Alternative Healthy Eating Index 2010; CRP, C Reactive protein; DBP, diastolic blood pressure; FS, free sugar; HDL, High-density lipoprotein cholesterol; LDL, Low-density lipoprotein cholesterol; MS Z score, metabolic syndrome Z score; SBP, systolic blood pressure; TG, triglycerides; Total chol./HDL, ratio of total cholesterol/HDL cholesterol; WC, waist circumference; %E, percentage of daily energy.

Table 2b. Correlations between %E from naturally occurring sugars (NOS) and diet quality and cardiometabolic risk factors, in an age- and sex-representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	AHEI	WC	Fasting glucose	Fasting insulin	HOMA-IR	CRP	TG	LDL	HDL	Total chol./HDL	SBP	DBP	MS Z score
n	1019	1017	1004	1004	1004	947	1009	1009	1009	1009	1018	1018	1001
%E NOS from													
Overall diet													
<i>r</i>	0.50	-0.17	-0.10	-0.11	-0.12	-0.06	-0.15	-0.003	0.13	-0.12	-0.10	-0.07	-0.14
<i>p</i>	<.0001	<.0001	0.002	0.0004	<.0001	0.06	<.0001	0.92	<.0001	0.0001	0.001	0.02	<.0001
Solid foods													
<i>r</i>	0.59	-0.16	-0.06	-0.16	-0.16	-0.08	-0.15	0.02	0.15	-0.12	-0.10	-0.09	-0.14
<i>p</i>	<.0001	<.0001	0.06	<.0001	<.0001	0.02	<.0001	0.63	<.0001	0.0002	0.001	0.01	<.0001
Drinks													
<i>r</i>	0.01	-0.01	-0.08	0.02	0.002	0.01	-0.04	-0.02	0.002	-0.03	-0.02	0.001	-0.03
<i>p</i>	0.64	0.64	0.01	0.46	0.96	0.66	0.20	0.44	0.94	0.30	0.48	0.97	0.28

Unadjusted Spearman correlation coefficients (*r*) are presented. See (Supplemental Table 2) for univariable correlation coefficients between %E from NOS from solid foods and drinks and each subscore of the AHEI. AHEI, Alternative Healthy Eating Index 2010; CRP, C Reactive protein; DBP, diastolic blood pressure; HDL, High-density lipoprotein cholesterol; LDL, Low-density lipoprotein cholesterol; MS Z score, metabolic syndrome Z score; NOS, naturally occurring sugar; SBP, systolic blood pressure; TG, triglycerides; Total chol./HDL, ratio of total cholesterol/HDL cholesterol; WC, waist circumference; %E, percentage of daily energy.

Multiple linear associations of sugar intake with cardiometabolic health markers

Table 3a shows results of the linear regression analyses assessing the associations between FS intake and cardiometabolic risk factors. In Model 1, where diet quality (AHEI) was used as a covariate, %E as FS from solid foods was inversely associated with fasting glucose and HOMA-IR and positively associated with LDL cholesterol, while %E as FS from drinks was not significantly associated with any of the metabolic variables studied. In Model 2, where sex, age, administrative region, waist circumference, education and household income levels, smoking, physical activity, plausibility of self-reported energy intakes, the number of 24-hour dietary recalls completed on week-end days and the use of medications that could affect health outcomes were further added to AHEI as covariates, %E as FS from solid foods was inversely associated with fasting glucose and positively associated with LDL cholesterol. %E as FS from drinks was positively associated with fasting insulin and HOMA-IR in Model 2. In Model 1, both for FS from solid foods and drinks, AHEI was a significant predictor variable for all metabolic variable studied except for fasting glucose and LDL cholesterol (results not shown). In Model 2, AHEI was significant in models involving waist circumference and CRP, both for FS from solid foods and drinks. In Model 2, AHEI was also significant in models involving fasting insulin and total cholesterol/HDL for FS from solid foods (results not shown).

Table 3b shows results of the multiple linear regression analyses assessing the associations between NOS intake and cardiometabolic risk factors. In Model 1 (adjustment for AHEI only), %E as NOS from solid foods was negatively associated with waist circumference, while %E as NOS from drinks was not significantly associated with any of the metabolic variables studied. In Model 2 (adjustment for AHEI and all other covariates), %E as NOS from drinks was positively associated with fasting insulin. In Model 1, AHEI was a significant predictor variable in all models except those involving NOS from solid foods and fasting glucose, triglycerides and LDL cholesterol and NOS from drinks and fasting glucose and LDL cholesterol (results not shown). In Model 2, AHEI was a significant predictor variable for waist circumference, CRP and total cholesterol/HDL both in NOS from solid foods and drinks models, and for fasting insulin in the NOS from drinks model (results not shown).

Table 3a. Associations between cardiometabolic risk factors and %E from free sugars (FS) from solid foods and drinks, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	Model 1		Model 2	
	B (95%CI)	P	B (95%CI)	P
Waist circumference (cm)				
%E FS, solid foods	-0.15 (-0.43; 0.13)	0.29	0.07 (-0.18; 0.31)	0.60
%E FS, drinks	-0.21 (-0.47; 0.06)	0.13	-0.12 (-0.35; 0.12)	0.32
Fasting glucose (%) ^a				
%E FS, solid foods	-0.348 (-0.581; -0.115)	0.004	-0.273 (-0.493; -0.053)	0.02
%E FS, drinks	-0.074 (-0.284; 0.138)	0.49	0.002 (-0.198; 0.203)	0.98
Fasting insulin (%) ^a				
%E FS, solid foods	-0.55 (-1.33; 0.23)	0.16	-0.18 (-0.87; 0.53)	0.63
%E FS, drinks	0.84 (-0.01; 1.70)	0.05	1.12 (0.34; 1.91)	0.01
HOMA-IR (%) ^a				
%E FS, solid foods	-0.90 (-1.78; -0.01)	0.048	-0.45 (-1.23; 0.34)	0.27
%E FS, drinks	0.77 (-0.19; 1.73)	0.11	1.12 (0.25; 2.00)	0.01
C Reactive protein (%) ^a				
%E FS, solid foods	-0.11 (-1.94; 1.75)	0.90	-0.03 (-1.64; 1.60)	0.97
%E FS, drinks	-0.25 (-2.13; 1.66)	0.79	0.74 (-0.84; 2.36)	0.36
Triglycerides (%) ^a				
%E FS, solid foods	-0.27 (-1.13; 0.61)	0.55	-0.01 (-0.86; 0.83)	0.97
%E FS, drinks	-0.04 (-0.83; 0.76)	0.92	0.35 (-0.41; 1.12)	0.37
LDL cholesterol (mmol/L)				
%E FS, solid foods	0.016 (0.001; 0.032)	0.04	0.017 (0.002; 0.031)	0.03
%E FS, drinks	-0.001 (-0.016; 0.013)	0.86	0.003 (-0.011; 0.018)	0.65
HDL cholesterol (mmol/L)				
%E FS, solid foods	0.0001 (-0.0068; 0.0071)	0.97	-0.0049 (-0.0118; 0.0019)	0.16
%E FS, drinks	-0.004 (-0.011; 0.002)	0.18	-0.005 (-0.010; 0.001)	0.13
Total cholesterol/HDL (mmol/L)				
%E FS, solid foods	0.003 (-0.020; 0.026)	0.79	0.013 (-0.010; 0.036)	0.28
%E FS, drinks	0.005 (-0.015; 0.026)	0.60	0.012 (-0.008; 0.031)	0.24
Systolic blood pressure (mmHg)				
%E FS, solid foods	0.05 (-0.19; 0.29)	0.67	0.10 (-0.11; 0.30)	0.35
%E FS, drinks	0.10 (-0.14; 0.33)	0.41	0.06 (-0.14; 0.26)	0.56
Diastolic blood pressure (mmHg)				
%E FS, solid foods	0.06 (-0.12; 0.23)	0.51	0.07 (-0.09; 0.22)	0.40
%E FS, drinks	0.09 (-0.08; 0.25)	0.30	0.06 (-0.09; 0.21)	0.44
Metabolic syndrome Z score				
%E FS, solid foods	-0.02 (-0.08; 0.03)	0.39	-0.01 (-0.05; 0.03)	0.66
%E FS, drinks	-0.02 (-0.06; 0.03)	0.50	0.02 (-0.02; 0.05)	0.30

n are listed for each variable: waist circumference (n=1017; 507 women, 500 men), fasting glucose, fasting insulin and HOMA-IR (n=1004; 505 women, 499 men), C Reactive protein (n=947; 462 women, 485 men), triglycerides, LDL, HDL and total cholesterol/HDL (n=1009; 507 women, 502 men), systolic and diastolic blood pressures (n=1008; 506 women, 502 men) and metabolic syndrome Z score (n=1001; 504 women, 497 men). **Model 1** is adjusted for diet quality (AHEI-2010 score). **Model 2** is adjusted for diet quality (AHEI-2010 score), sex, age, administrative region, waist circumference (except when it is the outcome), education and household income levels, smoking, physical activity, plausibility of self-reported energy intakes, the number of 24-hour dietary recalls completed on week-end days and the use of medications. ^aLog-transformed data were used; B (95%CI) are expressed as % change upon backtransformation calculated as 100 × exponential (logB) – 100. AHEI, Alternative Healthy Eating Index 2010; FS, free sugar; %E, percentage of daily energy.

Table 3b. Associations between cardiometabolic risk factors and %E from naturally occurring sugars (NOS) from solid foods and drinks, in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	Model 1		Model 2	
	B (95%CI)	P	B (95%CI)	P
Waist circumference (cm)				
%E NOS, solid foods	-0.36 (-0.60 ; -0.11)	0.004	-0.18 (-0.45 ; 0.09)	0.20
%E NOS, drinks	-0.13 (-0.66 ; 0.39)	0.61	0.03 (-0.43 ; 0.49)	0.90
Fasting glucose (%) ^a				
%E NOS, solid foods	-0.15 (-0.43 ; 0.12)	0.27	-0.06 (-0.32 ; 0.20)	0.65
%E NOS, drinks	-0.29 (-0.90 ; 0.33)	0.36	-0.24 (-0.76 ; 0.28)	0.36
Fasting insulin (%) ^a				
%E NOS, solid foods	-0.70 (-1.77 ; 0.38)	0.20	-0.48 (-1.64 ; 0.70)	0.42
%E NOS, drinks	1.32 (-0.19 ; 2.85)	0.09	1.53 (0.13 ; 2.94)	0.03
HOMA-IR (%) ^a				
%E NOS, solid foods	-0.85 (-2.07 ; 0.37)	0.17	-0.54 (-1.86 ; 0.80)	0.43
%E NOS, drinks	1.03 (-0.76 ; 2.85)	0.26	1.28 (-0.29 ; 2.88)	0.11
C Reactive protein (%) ^a				
%E NOS, solid foods	-0.63 (-2.85 ; 1.63)	0.58	-1.07 (-2.81 ; 0.71)	0.24
%E NOS, drinks	1.08 (-2.30 ; 4.58)	0.54	1.96 (-0.93 ; 4.94)	0.19
Triglycerides (%) ^a				
%E NOS, solid foods	-1.22 (-2.76 ; 0.33)	0.12	-0.92 (-2.64 ; 0.83)	0.30
%E NOS, drinks	-1.23 (-2.80 ; 0.37)	0.13	-0.67 (-2.18 ; 0.86)	0.39
LDL cholesterol (mmol/L)				
%E NOS, solid foods	-0.0017 (-0.0190 ; 0.0157)	0.85	0.0001 (-0.0148 ; 0.0150)	0.99
%E NOS, drinks	-0.0050 (-0.0345 ; 0.0244)	0.74	0.0009 (-0.0270 ; 0.0287)	0.95
HDL cholesterol (mmol/L)				
%E NOS, solid foods	0.004 (-0.007 ; 0.014)	0.48	-0.003 (-0.011 ; 0.006)	0.54
%E NOS, drinks	-0.004 (-0.016 ; 0.009)	0.54	-0.009 (-0.020 ; 0.002)	0.11
Total cholesterol/HDL (mmol/L)				
%E NOS, solid foods	-0.012 (-0.037 ; 0.013)	0.35	0.001 (-0.024 ; 0.026)	0.94
%E NOS, drinks	-0.027 (-0.067 ; 0.014)	0.20	-0.012 (-0.052 ; 0.027)	0.54
Systolic blood pressure (mmHg)				
%E NOS, solid foods	-0.19 (-0.50 ; 0.12)	0.24	0.06 (-0.22 ; 0.34)	0.67
%E NOS, drinks	-0.03 (-0.48 ; 0.43)	0.90	0.24 (-0.15 ; 0.63)	0.22
Diastolic blood pressure (mmHg)				
%E NOS, solid foods	-0.11 (-0.39 ; 0.17)	0.46	-0.07 (-0.25 ; 0.12)	0.49
%E NOS, drinks	0.10 (-0.20 ; 0.40)	0.50	0.20 (-0.05 ; 0.44)	0.12
Metabolic syndrome Z score				
%E NOS, solid foods	-0.03 (-0.09 ; 0.03)	0.29	-0.02 (-0.07 ; 0.04)	0.53
%E NOS, drinks	-0.01 (-0.13 ; 0.10)	0.80	0.01 (-0.07 ; 0.09)	0.88

n are listed for each variable: waist circumference (n=1017; 507 women, 500 men), fasting glucose, fasting insulin and HOMA-IR (n=1004; 505 women, 499 men), C Reactive protein (n=947; 462 women, 485 men), triglycerides, LDL, HDL and total cholesterol/HDL (n=1009; 507 women, 502 men), systolic and diastolic blood pressures (n=1008; 506 women, 502 men) and metabolic syndrome Z score (n=1001; 504 women, 497 men). **Model 1** is adjusted for diet quality (AHEI-2010 score). **Model 2** is adjusted for diet quality (AHEI-2010 score), sex, age, administrative region, waist circumference (except when it is the outcome), education and household income levels, smoking, physical activity, plausibility of self-reported energy intakes, the number of 24-hour dietary recalls completed on week-end days and the use of medications. ^aLog-transformed data were used ; B (95%CI) are expressed as % change upon backtransformation calculated as 100 × exponential (logB) – 100. AHEI, Alternative Healthy Eating Index 2010; NOS, naturally occurring sugar; %E, percentage of daily energy.

Discussion

To the best of our knowledge, this study is the first to assess the associations between intakes of different types of sugars (i.e. free and naturally occurring sugars from either solid foods or drinks), diet quality and cardiometabolic risk factors, in a Canadian adult sample.

Results from univariable correlations between sugar intakes and health markers, although weak, showed that a higher FS intake, particularly from drinks, was generally associated with impaired cardiometabolic health markers, whereas a higher NOS intake from solid foods was generally associated with a favorable cardiometabolic risk profile. This suggests that both the state of the sugars (either free or naturally occurring) and the physical form they are in (either liquid or solid; i.e., drinks or solid foods) influence the association between sugars and cardiometabolic risk factors. Some authors came to the conclusion that deleterious effects of FS (or added sugar; i.e. FS excluding sugars from fruit juices) on health markers could be mostly driven by beverages (11, 35-37). Accordingly, Sundborn et al. suggested that liquid added sugars, compared to solid added sugars, could lead to a greater risk of affecting markers of the metabolic syndrome (7). The impact of liquid FS (SSB) on health is probably explained by a decreased feeling of satiety, an incomplete compensatory reduction of the energy intake at further meals (38, 39) and a high glycemic load, which can lead to obesity, an altered metabolism and chronic diseases (9). An intervention study showed that when fibre are added to a fruit juice (liquid source of FS) consumed along with a biscuit, participants reported an increased satiety and a higher feeling of fullness, compared to the consumption of the control beverage without fibre, along with the same biscuit (40). This finding leads us to believe that satiety and appetite sensations are indeed different when the sugar is either free from its matrix or is consumed in what we could describe as a reconstituted food matrix, with fibres and other components. It also suggests that the state in which the sugar is consumed and the impact it has on satiety are probably important aspects to consider for the understanding of the associations between sugars and health. Indeed, compared to liquid sources of FS, solid food sources require chewing and a greater amount of time to be consumed and may thus engage a more efficient energy compensation mechanism, meaning that following intakes are better adjusted to energy balance (41, 42). This may partly explain why %E as FS from solid foods was only unfavorably associated with LDL cholesterol, out of all health outcomes in the present study. Also, compared to SSBs containing no nutrients other than sugar, there is a greater variability in the nutritive values of solid foods providing FS, such as fibres in breakfast cereals or proteins in flavored yoghurt for example, which may also explain why FS from liquid and solid sources are not associated the same way to health markers.

The fact that FS and NOS displayed opposite associations with the cardiometabolic risk factors studied suggests that other nutrients or components of food sources rich in FS or NOS than the sugar molecules themselves may

contribute to the associations observed with health markers. It also suggests that the links between sugar and health should probably be addressed in terms of food sources of sugars rather than sugar intake per se, as suggested by Hu (12) and Hur et al. (41), who also found that different sources of sugars (e.g., fruit, milk and beverages) show divergent associations with cardiometabolic risk factors in a children sample. To our knowledge, very few studies assessed the links between NOS intake and health markers. In the present study, favorable associations between NOS and health outcomes are probably a reflection of the positive impact of other components of low-energy-density foods rich in NOS, such as fibres or vitamins that can be found in fruits, which was the main source of NOS in our sample (41, 43).

Further analyses were performed in order to verify the extent to which the association between sugar intake and cardiometabolic health is attenuated by diet quality. First, we found that FS from liquid sources was strongly and inversely associated with diet quality ($r=-0.50$). The inverse association observed between FS from solid sources and diet quality was much weaker ($r=-0.10$). This finding is in line with results obtained in a previous cross-sectional study conducted in a sample of children, where sweetened soft drinks intake was associated with a lower diet quality score, whereas both bakery products and yoghurt intakes were not (44). More specifically, in the present study, we found that FS from drinks was negatively associated with sub-scores of the diet quality index (AHEI-2010) involving nutrients or food groups whose consumption is encouraged. In fact, it was found that a higher consumption of FS from drinks was associated with less vegetables, whole fruits, whole grains, nuts and legumes, EPA, DHA and PUFA and was, as expected, associated with a lower sugar-sweetened beverages and fruit juice sub-score (results in (Supplemental Table 2)), reflecting a higher intake of those beverages. Considering these results, it can be suggested that the consumption of FS from drinks reflects less healthy food choices (45, 46). Second, we observed a significant direct association between %E as NOS from solid foods and diet quality. This result is in line with the literature picturing favorable associations between a low-energy-density eating pattern, which includes fruit consumption (main source of NOS in our sample), and diet quality (47). More specifically, the intake of NOS from solid food sources was positively associated with sub-scores of the AHEI score for vegetables, whole fruits and whole grains, for which a higher score reflects a higher intake and was also associated with higher sub-scores of sugary drinks, red processed meats, trans fat and sodium (results in (Supplemental Table 2)), reflecting lower intakes for those foods and nutrients. A study by Guenther et al. has also reported that the 'Whole fruit' component of the Healthy Eating Index-2010, a diet quality score in which higher subscores of both adequacy and moderation components reflect healthier dietary intakes, was positively associated with the 'Total vegetables', the 'Whole grains', the 'Sodium' and the 'Empty calories' components, among others (48). We can thus suggest that consumption of NOS from solid foods reflects healthier food choices and an overall better diet quality.

Because of the associations between sugars and overall diet quality observed in the present study (especially with FS from drinks and NOS from solid foods), and since it is well known that the overall quality of the diet is associated with the risk of chronic diseases (26, 27, 49, 50), we verified whether the associations between sugar intake and cardiometabolic markers are attenuated when including the overall diet quality as a covariate in regression models. Accordingly, when diet quality was added as the sole covariate in linear regression models (i.e. Model 1) or with other covariates (i.e. Model 2, fully adjusted model), it was found that all univariable correlations that were originally found between FS and the lipid profile, blood pressure and the metabolic syndrome Z score were no longer significant. However, in most of those models, diet quality was a significant predictor, especially in Model 1, which is adjusted only for diet quality. This puts forward the general idea that sugar intake is part of a complex dietary scheme and that in that context, it becomes difficult to isolate its specific contribution to cardiometabolic risk from that of the overall diet quality and its determinants. Accordingly, some authors have argued that it is preferable to study the link between diet and disease with the perspective of overall diet quality instead of focusing only on one single nutrient such as sugar (13, 51). Our results also suggest that, globally, sugar intakes are not strongly associated with health markers when diet quality and other biological, sociodemographic and lifestyle factors are taken into account, as suggested by other authors (10, 52). However, some associations of sugar intakes with variables related to glucose-insulin homeostasis remained, despite adjustments for diet quality and other covariates. In fact, our results suggest that a higher consumption of FS from drinks is independently associated with a higher fasting insulin and a greater insulin resistance (HOMA-IR). It has been suggested that FS molecules in drinks, which are rapidly absorbed in the bloodstream, may affect directly the glucose-insulin metabolism (53). In contrast, our results suggest that a higher consumption of FS from solid foods was associated with a lower fasting glucose independently from diet quality and other factors studied and with a lower insulin resistance, independently from diet quality. These inverse associations between FS from solid foods and fasting glucose and insulin resistance are counterintuitive. However, other studies also reported inverse associations between solid food sources of free or added sugars and cardiovascular disease mortality or all-cause mortality (37, 54). This might suggest that the source of sugar, even when diet quality and other covariates are considered, is an important factor to account for especially when studying associations between sugar variables related to glucose-insulin metabolism. We cannot exclude that other factors, currently unknown or whose scientific interest is growing, may also have an impact in the diet-disease and the sugar-disease associations, such as the relations between gut flora, which is itself impacted by the composition of the diet, and inflammatory and metabolic disorders, cardiovascular diseases, obesity and the risk of type 2 diabetes (55).

Concerning %E from NOS, only a few associations with cardiometabolic health markers remained after adjustment for diet quality, which is consistent with the hypothesis that it is not the sugars themselves that drive these associations but rather the broader perspective of overall diet quality to which they are part of. In fact, it

was found that a higher NOS from solid foods was associated with lower waist circumference (Model 1). However, this association was no longer significant in the fully adjusted model (Model 2). Because both fruit intake (main source of NOS in our sample) and weight status are associated to sociodemographic factors such as age, education, physical activity and smoking status, it is not surprising that the association was no longer significant when such confounders were added, as stated in a review from Tohill et al. (56).

We also observed that, in the model adjusted for overall diet quality and other relevant covariates, NOS from drinks was associated with higher insulin levels in the multiple linear regression model (Model 2). Similarly, a previous study has reported positive associations between milk proteins and postprandial insulin response, resulting in a beneficial glyceemic response (57).

Our study has many strengths such as the methodology itself. Participants were recruited with random digit-dialing in order to be representative in terms of age and sex of the adult French-speaking population of the province of Québec. They completed three self-administered web-based validated 24-hour dietary recalls on randomly allocated days. FS and NOS were rigorously differentiated using a systematic algorithm (22). The sample size allowed us to detect associations of small magnitude. Our study also has some limitations. Due to its cross-sectional design, causality can not be established and caution must be used in the interpretation of the results. We have to keep in mind that reverse causation is possible, such as some participants with obesity or diagnosed chronic diseases may have improved their eating habits, which may possibly influence or hide cross-sectional associations. Also, as in any other observational study examining the association between diet and health factors, residual confounding due to factors and variables not measured in this study is also possible. Furthermore, despite using repeated 24-h dietary recall, residual within-individual random error may bias associations observed. Finally, even if it was suggested that the fact that the web-based 24h dietary recall tool may reduce the risk of social desirability bias compared to an in-person completion (18), it is possible that under-reporting of FS is more prevalent in people suffering from chronic diseases typically associated with obesity, which may also bias the results. Plausibility of self-reported energy intakes was however added as a covariate in multiple linear regression models to mitigate this issue.

Conclusion

To the best of our knowledge, this study is the first to assess the associations between intakes of different types of sugars (free and naturally occurring sugars, from solid foods and drinks), diet quality and cardiometabolic health markers, in a Canadian adult sample.

Our results revealed unfavorable associations between free sugars from drinks and diet quality and cardiometabolic risk factors, while favorable associations were found for NOS from solid foods. It has to be

emphasized that associations observed between sugar intakes and metabolic markers were of low magnitude and were further reduced when considering overall diet quality and other relevant covariates. Results of the present study suggest, and as proposed by others (13, 51), that caution must be taken not to overestimate the sole impact of sugar intake on health outcomes without insights on food source as well as without considering the overall quality of eating habits (58). However, even if other authors also concluded that associations between sugar intakes and cardiometabolic health are either inconsistent, not systematically observed, small or absent (5, 37, 51, 59-63), it can be suggested that reducing the place free sugars occupy in the diet is encouraged namely in light of the potential benefits of such a recommendation on overall diet quality. In future studies, it would be interesting to study the impact of free and naturally occurring sugar intakes from solid and liquid foods sources on cardiometabolic health outcomes in a controlled interventional context to be able to draw causal relations.

Acknowledgments: We thank Louise Corneau's work in conducting the study and the participants for their involvement in the PREDISE study. We also express our gratitude to Dr. Luigi Bouchard, Dr. Julie Houle, Dr. Marie-France Langlois, and Dr. Rémi Rabasa-Lhoret for their collaboration in the testing of participants in the regions of Saguenay-Lac-St-Jean, Mauricie, Estrie, and Montréal.

Financial support: The present study was supported by the Canadian Institutes of Health Research (CIHR; grant number FHG 129921). The funder had no role in the design, analysis or writing of this article.

Author's contributions to manuscript: S.L., B.L., M.B., M.C.V., C.C., V.P., S.D., J.R. and M.E.L. designed research. C.L. contributed to conducting the research and to the elaboration of the methodology for differentiating sugars. A.B. analyzed data, wrote paper and had primary responsibility for final content. D.B. helped with the statistical analyses. S.L., revised the manuscript and had primary responsibility for final content. All authors have read and approved the final manuscript.

References

1. Tybor DJ, Beauchesne AR, Niu R, Shams-White MM, Chung M. An Evidence Map of Research Linking Dietary Sugars to Potentially Related Health Outcomes. *Curr Dev Nutr*. 2018;2(11):nzy059.
2. Erickson J, Sadeghirad B, Lytvyn L, Slavin J, Johnston BC. The Scientific Basis of Guideline Recommendations on Sugar Intake: A Systematic Review. *Ann Intern Med*. 2017;166(4):257-67.
3. Bowman SA. Added sugars: Definition and estimation in the USDA Food Patterns Equivalents Databases. *J Food Compos Anal*. 2017;64:64-7.
4. World Health Organization (WHO). Guideline: sugars intake for adults and children. Geneva, Switzerland: WHO; 2015.
5. Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN). Carbohydrates and Health Report. UK: Public Health England; 2015.
6. Health Canada. Canada's Dietary Guidelines for Health Professionals and Policy Makers. Ottawa, Ontario: Health Canada; 2019.
7. Sundborn G, Thornley S, Merriman TR, Lang B, King C, Lanaspá MA, Johnson RJ. Are Liquid Sugars Different from Solid Sugar in Their Ability to Cause Metabolic Syndrome? *Obesity (Silver Spring)*. 2019;27(6):879-87.
8. Pepin A, Stanhope KL, Imbeault P. Are Fruit Juices Healthier Than Sugar-Sweetened Beverages? A Review. *Nutrients*. 2019;11(5).
9. Malik VS, Hu FB. Sugar-Sweetened Beverages and Cardiometabolic Health: An Update of the Evidence. *Nutrients*. 2019;11(8).
10. Lean ME, Te Morenga L. Sugar and Type 2 diabetes. *Br Med Bull*. 2016;120(1):43-53.
11. Wang J, Light K, Henderson M, O'Loughlin J, Mathieu ME, Paradis G, Gray-Donald K. Consumption of added sugars from liquid but not solid sources predicts impaired glucose homeostasis and insulin resistance among youth at risk of obesity. *J Nutr*. 2014;144(1):81-6.
12. Hu FB. Dietary pattern analysis: a new direction in nutritional epidemiology. *Curr Opin Lipidol*. 2002;13(1):3-9.
13. Khan TA, Sievenpiper JL. Controversies about sugars: results from systematic reviews and meta-analyses on obesity, cardiometabolic disease and diabetes. *Eur J Nutr*. 2016;55(Suppl 2):25-43.
14. Louie JC, Tapsell LC. Association between intake of total vs added sugar on diet quality: a systematic review. *Nutr Rev*. 2015;73(12):837-57.
15. Mok A, Ahmad R, Rangan A, Louie JCY. Intake of free sugars and micronutrient dilution in Australian adults. *Am J Clin Nutr*. 2018;107(1):94-104.
16. Health Canada. Eating Well with Canada's Food Guide. Ottawa, Ontario: Health Canada; 2007.
17. Brassard D, Laramee C, Comeau L, Begin C, Belanger M, Bouchard L, Couillard C, Desroches S, Houle J, Langlois MF, et al. Poor Adherence to Dietary Guidelines Among French-Speaking Adults in the Province of Quebec, Canada: The PREDISE Study. *Can J Cardiol*. 2018;34(12):1665-73.
18. Lafrenière J, Lamarche B, Laramée C, Robitaille J, Lemieux S. Validation of a newly automated web-based 24-hour dietary recall using fully controlled feeding studies. *BMC Nutrition*. 2017;3(1):34.
19. Lafreniere J, Laramee C, Robitaille J, Lamarche B, Lemieux S. Assessing the relative validity of a new, web-based, self-administered 24 h dietary recall in a French-Canadian population. *Public Health Nutr*. 2018;21(15):2744-52.
20. Lafreniere J, Laramee C, Robitaille J, Lamarche B, Lemieux S. Relative validity of a web-based, self-administered, 24-h dietary recall to evaluate adherence to Canadian dietary guidelines. *Nutrition*. 2019;57:252-6.
21. Health Canada. Canadian Nutrient File. 2015.
22. Bergeron A, Labonté M-É, Brassard D, Bédard A, Laramée C, Robitaille J, Desroches S, Provencher V, Couillard C, Vohl M-C, et al. Intakes of Total, Free, and Naturally Occurring Sugars in the French-Speaking Adult Population of the Province of Québec, Canada: The PREDISE Study. *Nutrients*. 2019;11(10):2317.
23. Louie JC, Moshtaghian H, Boylan S, Flood VM, Rangan AM, Barclay AW, Brand-Miller JC, Gill TP. A systematic methodology to estimate added sugar content of foods. *Eur J Clin Nutr*. 2015;69(2):154-61.

24. Bernstein JT, Schermel A, Mills CM, L'Abbe MR. Total and Free Sugar Content of Canadian Prepackaged Foods and Beverages. *Nutrients*. 2016;8(9).
25. Langlois K, Garriguet D, Gonzalez A, Sinclair S, Colapinto CK. Change in total sugars consumption among Canadian children and adults. *Health Rep*. 2019;30(1):10-9.
26. Chiuve SE, Fung TT, Rimm EB, Hu FB, McCullough ML, Wang M, Stampfer MJ, Willett WC. Alternative dietary indices both strongly predict risk of chronic disease. *J Nutr*. 2012;142(6):1009-18.
27. Schwingshackl L, Bogensberger B, Hoffmann G. Diet Quality as Assessed by the Healthy Eating Index, Alternate Healthy Eating Index, Dietary Approaches to Stop Hypertension Score, and Health Outcomes: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies. *J Acad Nutr Diet*. 2018;118(1):74-100.e11.
28. Huang TT, Roberts SB, Howarth NC, McCrory MA. Effect of screening out implausible energy intake reports on relationships between diet and BMI. *Obes Res*. 2005;13(7):1205-17.
29. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. Washington D.C: National Academy Press; 2005.
30. Matthews DR, Hosker JP, Rudenski AS, Naylor BA, Treacher DF, Turner RC. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*. 1985;28(7):412-9.
31. Ramos JS, Dalleck LC, Borrani F, Beetham KS, Wallen MP, Mallard AR, Clark B, Gomersall S, Keating SE, Fassett RG, et al. Low-Volume High-Intensity Interval Training Is Sufficient to Ameliorate the Severity of Metabolic Syndrome. *Metab Syndr Relat Disord*. 2017;15(7):319-28.
32. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002;106(25):3143-421.
33. Ridker PM. Clinical application of C-reactive protein for cardiovascular disease detection and prevention. *Circulation*. 2003;107(3):363-9.
34. Heart and Stroke Foundation of Canada; <https://www.heartandstroke.ca/get-healthy/healthy-weight/healthy-weight-and-waist>, Accessed on April 20 2020.
35. O'Connor L, Imamura F, Brage S, Griffin SJ, Wareham NJ, Forouhi NG. Intakes and sources of dietary sugars and their association with metabolic and inflammatory markers. *Clin Nutr*. 2018;37(4):1313-22.
36. Ahmad R, Mok A, Rangan AM, Louie JCY. Association of free sugar intake with blood pressure and obesity measures in Australian adults. *Eur J Nutr*. 2019.
37. Ramne S, Alves Dias J, González-Padilla E, Olsson K, Lindahl B, Engström G, Ericson U, Johansson I, Sonestedt E. Association between added sugar intake and mortality is nonlinear and dependent on sugar source in 2 Swedish population-based prospective cohorts. *The American journal of clinical nutrition*. 2019;109(2):411-23.
38. Malik Vasanti S, Popkin Barry M, Bray George A, Després J-P, Hu Frank B. Sugar-Sweetened Beverages, Obesity, Type 2 Diabetes Mellitus, and Cardiovascular Disease Risk. *Circulation*. 2010;121(11):1356-64.
39. Bray GA, Popkin BM. Dietary Sugar and Body Weight: Have We Reached a Crisis in the Epidemic of Obesity and Diabetes? *Health Be Damned! Pour on the Sugar*. 2014;37(4):950-6.
40. Pentikainen S, Karhunen L, Flander L, Katina K, Meynier A, Aymard P, Vinoy S, Poutanen K. Enrichment of biscuits and juice with oat beta-glucan enhances postprandial satiety. *Appetite*. 2014;75:150-6.
41. Hur YI, Park H, Kang JH, Lee HA, Song HJ, Lee HJ, Kim OH. Associations between Sugar Intake from Different Food Sources and Adiposity or Cardio-Metabolic Risk in Childhood and Adolescence: The Korean Child-Adolescent Cohort Study. *Nutrients*. 2015;8(1).
42. DiMeglio DP, Mattes RD. Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2000;24(6):794-800.
43. Guyenet SJ. Impact of Whole, Fresh Fruit Consumption on Energy Intake and Adiposity: A Systematic Review. *Front Nutr*. 2019;6:66.
44. Rodriguez-Artalejo F, Garcia EL, Gorgojo L, Garces C, Royo MA, Martin Moreno JM, Benavente M, Macias A, De Oya M. Consumption of bakery products, sweetened soft drinks and yogurt among children aged 6-7 years: association with nutrient intake and overall diet quality. *Br J Nutr*. 2003;89(3):419-29.

45. Balcells E, Delgado-Noguera M, Pardo-Lozano R, Roig-Gonzalez T, Renom A, Gonzalez-Zobl G, Munoz-Ortego J, Valiente-Hernandez S, Pou-Chaubron M, Schroder H. Soft drinks consumption, diet quality and BMI in a Mediterranean population. *Public Health Nutr.* 2011;14(5):778-84.
46. An R. Beverage Consumption in Relation to Discretionary Food Intake and Diet Quality among US Adults, 2003 to 2012. *J Acad Nutr Diet.* 2016;116(1):28-37.
47. Ledikwe JH, Blanck HM, Khan LK, Serdula MK, Seymour JD, Tohill BC, Rolls BJ. Low-energy-density diets are associated with high diet quality in adults in the United States. *J Am Diet Assoc.* 2006;106(8):1172-80.
48. Guenther PM, Kirkpatrick SI, Reedy J, Krebs-Smith SM, Buckman DW, Dodd KW, Casavale KO, Carroll RJ. The Healthy Eating Index-2010 is a valid and reliable measure of diet quality according to the 2010 Dietary Guidelines for Americans. *J Nutr.* 2014;144(3):399-407.
49. Hu EA, Steffen LM, Coresh J, Appel LJ, Rebholz CM. Adherence to the Healthy Eating Index-2015 and Other Dietary Patterns May Reduce Risk of Cardiovascular Disease, Cardiovascular Mortality, and All-Cause Mortality. *J Nutr.* 2019.
50. Xu Z, Steffen LM, Selvin E, Rebholz CM. Diet quality, change in diet quality and risk of incident CVD and diabetes. *Public Health Nutr.* 2019:1-10.
51. Rippe JM, Angelopoulos TJ. Relationship between Added Sugars Consumption and Chronic Disease Risk Factors: Current Understanding. *Nutrients.* 2016;8(11).
52. Sneed NM, Patrician PA, Morrison SA. Influences of added sugar consumption in adults with type 2 diabetes risk: A principle-based concept analysis. *Nurs Forum.* 2019.
53. Malik VS, Hu FB. Fructose and Cardiometabolic Health: What the Evidence From Sugar-Sweetened Beverages Tells Us. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(14):1615-24.
54. Tasevska N, Park Y, Jiao L, Hollenbeck A, Subar AF, Potischman N. Sugars and risk of mortality in the NIH-AARP Diet and Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2014;99(5):1077-88.
55. Meldrum DR, Morris MA, Gambone JC. Obesity pandemic: causes, consequences, and solutions-but do we have the will? *Fertil Steril.* 2017;107(4):833-9.
56. Tohill BC, Seymour J, Serdula M, Kettel-Khan L, Rolls BJ. What epidemiologic studies tell us about the relationship between fruit and vegetable consumption and body weight. *Nutr Rev.* 2004;62(10):365-74.
57. Hidayat K, Du X, Shi BM. Milk in the prevention and management of type 2 diabetes: The potential role of milk proteins. *Diabetes Metab Res Rev.* 2019:e3187.
58. Tapsell LC, Neale EP, Satija A, Hu FB. Foods, Nutrients, and Dietary Patterns: Interconnections and Implications for Dietary Guidelines. *Adv Nutr.* 2016;7(3):445-54.
59. Te Morenga LA, Howatson AJ, Jones RM, Mann J. Dietary sugars and cardiometabolic risk: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *Am J Clin Nutr.* 2014;100(1):65-79.
60. Tappy L, Morio B, Azzout-Marniche D, Champ M, Gerber M, Houdart S, Mas E, Rizkalla S, Slama G, Mariotti F, et al. French Recommendations for Sugar Intake in Adults: A Novel Approach Chosen by ANSES. *Nutrients.* 2018;10(8).
61. Austin GL, Krueger PM. Increasing the percentage of energy from dietary sugar, fats, and alcohol in adults is associated with increased energy intake but has minimal association with biomarkers of cardiovascular risk. *J Nutr.* 2013;143(10):1651-8.
62. Prinz P. The role of dietary sugars in health: molecular composition or just calories? *Eur J Clin Nutr.* 2019.
63. Rippe JM, Marcos A. Controversies about sugars consumption: state of the science. *Eur J Nutr.* 2016;55(Suppl 2):11-6.

Supplementary data

Supplemental Table 1. Top food sources of total, free and naturally occurring sugar in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

Total sugar		Free sugar		Naturally occurring sugar	
Top food sources	% of daily intake (95%CI)	Top food sources	% of daily intake (95%CI)	Top food sources	% of daily intake (95%CI)
1. Whole fruits	13.8 (12.9 ; 14.8)	1. Sugars, syrups and confectionary	20.4 (19.0 ; 21.8)	1. Whole fruits	34.7 (32.2 ; 37.2)
2. Sugars, syrups and confectionary	12.9 (12.0 ; 13.7)	2. Fruits juices	17.6 (16.0 ; 19.1)	2. Milk	24.2 (22.6 ; 25.8)
3. Baked products	11.8 (11.0 ; 12.7)	3. Baked products	17.2 (15.9 ; 18.5)	3. Vegetables	14.6 (14.0 ; 15.2)
4. Fruit juices	10.9 (10.0 ; 11.9)	4. Soft drinks	8.5 (7.2 ; 9.8)	4. Yoghurt	4.3 (3.9 ; 4.8)
5. Milk	9.5 (8.9 ; 10.1)	5. Yoghurt	3.6 (3.2 ; 4.1)	5. Baked products	3.1 (2.8 ; 3.3)
6. Vegetables	6.3 (6.1 ; 6.6)	6. Breakfast cereals	3.6 (3.1 ; 4.0)	6. White bread	2.3 (2.1 ; 2.4)
7. Soft drinks	5.3 (4.5 ; 6.1)	7. Fruit drinks	3.5 (2.7 ; 4.3)	7. Condiments and gravies	2.0 (1.8 ; 2.2)
8. Yoghurt	3.9 (3.5 ; 4.3)	8. Condiments and gravies	3.5 (3.2 ; 3.7)	8. Cheese	1.7 (1.6 ; 1.9)
9. Condiments and gravies	2.9 (2.7 ; 3.1)	9. Frozen desserts	3.4 (2.8 ; 3.9)	9. Whole wheat bread	1.5 (1.4 ; 1.6)
10. Frozen desserts	2.6 (2.2 ; 3.0)	10. Alcohol	2.7 (2.0 ; 3.4)	10. Other bread products	1.4 (1.3 ; 1.6)
	80.1%		83.8%		89.9%

Food sources of sugars used were the food categories determined by the Canadian Bureau of Nutritional Sciences and used to assess main sources of total sugars from the 2015 Canadian Community Health Surveys (24).

Supplemental Table 2. Correlations between %E from free sugars (FS) and %E from naturally occurring sugars (NOS) and subscores of the Alternative Healthy Eating Index 2010 (AHEI), in an age- and sex- representative sample of French-speaking adults of the Province of Québec, Canada

	Vegetables	Whole fruits	Whole grains	SSB and fruit juice	Nuts and legumes	Red/ processed meats	<i>trans</i> Fat	Long-chain (n-3) fats (EPA+DHA)	PUFA	Sodium	Alcohol
%E FS from											
Overall diet											
<i>r</i>	-0.17	-0.16	-0.11	-0.64	-0.17	-0.04	0.02	-0.10	-0.10	-0.03	0.03
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	0.0006	<0.0001	<0.0001	0.18	0.54	0.001	0.001	0.37	0.42
Foods											
<i>r</i>	-0.06	-0.05	0.03	-0.11	-0.07	-0.008	0.01	-0.07	-0.03	-0.06	0.11
<i>p</i>	0.06	0.12	0.36	0.001	0.02	0.81	0.64	0.02	0.33	0.08	0.0004
Drinks											
<i>r</i>	-0.17	-0.16	-0.16	-0.86	-0.15	-0.06	0.02	-0.07	-0.09	-0.02	-0.04
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.05	0.56	0.02	0.01	0.62	0.18
%E NOS from											
Overall diet											
<i>r</i>	0.32	0.69	0.21	0.16	0.24	0.26	0.18	0.04	-0.09	0.11	0.09
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.26	0.01	0.001	0.01
Foods											
<i>r</i>	0.40	0.82	0.23	0.23	0.28	0.22	0.17	0.08	0.01	0.08	0.11
<i>p</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.02	0.65	0.01	0.001
Drinks											
<i>r</i>	0.02	0.04	0.05	-0.08	0.02	0.09	0.06	-0.03	-0.13	-0.006	0.02
<i>p</i>	0.56	0.17	0.14	0.02	0.61	0.004	0.06	0.37	<0.0001	0.86	0.56

Unadjusted Spearman correlation coefficients (*r*) are presented. n=1019. In the AHEI score, a subscore is attributed to vegetables, whole fruits, whole grains, SSB and fruit juice, nuts and legumes and red/processed meats according to the consumption as expressed in servings/day; subscores attributed to *trans* fat and PUFA are based on the consumption as expressed in %E; subscores attributed to long-chain (n-3) fats (EPA+DHA) and sodium are based on the consumption as expressed in mg/day and the subscore for alcohol is based on the consumption as expressed in drinks/day [129]. Note that a higher subscore value reflects a higher consumption for vegetables, whole fruits, whole grains, nuts and legumes, PUFA and long chain (n-3) fats while it reflects a lower consumption for SSB and fruit juice, red/processed meats, *trans* fat, sodium and alcohol. FS, free sugar; NOS, naturally occurring sugar; SSB, sugar-sweetened beverages; %E, percentage of daily energy.

Chapitre 6 - Discussion générale

1. Retombées de nos résultats

D'abord, les résultats présentés dans l'article inséré au chapitre 4 ont permis de montrer que la moyenne de consommation de sucres libres des Québécois (11,7%) dépasse la recommandation de l'OMS (10%) et que la moyenne de consommation d'aucun des sous-groupes sociodémographiques étudiés (selon le sexe, la catégorie d'indice de masse corporelle, le statut socio-économique, le niveau d'éducation, etc.) ne rencontre la recommandation [17]. D'ailleurs, seulement 43% de la population québécoise rencontre la recommandation de l'OMS [17].

Ensuite, en gardant en tête que les résultats présentés dans l'article inséré au chapitre 5 sont de nature observationnelle et qu'on ne peut donc pas tirer de conclusion quant à des relations de cause à effet, on peut tout de même affirmer qu'ils s'insèrent dans un pan de la littérature très peu étudié. Effectivement, l'effet du type du sucre et de la forme sous laquelle le sucre est consommé sur la santé n'est pas une avenue très explorée [3]. La littérature portant sur l'influence de la qualité globale de l'alimentation sur les associations entre la consommation de sucre et la santé n'est pas tellement abondante non plus.

Tels que décrits dans les prochaines sections, nos résultats s'ajoutent à la part de littérature qui considère avec plus de nuances les effets néfastes du sucre sur la santé et permettent de mettre en lumière quelques aspects importants de la relation entre la consommation de sucre et la santé cardiometabolique.

2. Importance de caractériser la consommation de sucres et d'émettre des recommandations

Les associations défavorables entre la consommation de sucres libres et divers marqueurs de santé cardiometabolique ne se sont pas montrées très fortes dans l'échantillon que nous avons étudié de façon observationnelle et transversale, telles que présentées au chapitre 5. Il n'en demeure pas moins que la caractérisation de la consommation de sucres libres dans la population québécoise a un intérêt de santé publique [58]. En effet, avant la publication de nos résultats, à notre connaissance, il n'existait aucune donnée permettant de comparer la consommation de sucres libres de la population québécoise, ni même canadienne (avec des apports en sucres déterminés selon les valeurs nutritives des aliments consommés), à la recommandation quantitative de l'Organisation Mondiale de la Santé, soit moins de 10%. Même si le Guide alimentaire canadien ne met pas à l'avant-plan de recommandation quantitative de consommation de sucres libres, il est intéressant de la caractériser pour suivre son évolution dans le temps, en plus de pouvoir évaluer

l'effet de la mise en place potentielle de mesures de santé publique visant à diminuer l'apport en sucres [45]. Pouvoir connaître et suivre dans le temps la teneur en sucres libres dans les aliments ainsi que la consommation des différents types de sucres est donc essentiel à la santé de la population [8]. Émettre des recommandations de consommation de sucres libres est également utile puisque celles-ci servent d'assise à la mise en place et à l'évaluation de politiques et d'actions gouvernementales, telles que des campagnes de santé publique visant la diminution de l'apport en sucres libres ou la modification de l'étiquetage nutritionnel dans le but de faciliter des choix alimentaires sains [8,54]. La comparaison des données de consommation de sucres libres aux recommandations peut également permettre de mettre en place des mesures incitant l'industrie à reformuler leurs produits ou d'encourager davantage la population à revoir à la baisse leur consommation de sucres libres [11].

Il importe aussi que les nutritionnistes et autres professionnels de la santé soient renseignés par rapport à l'enjeu du sucre afin de transmettre la bonne information au grand public. Wang et coll. ont montré que seulement 12% de l'échantillon de professionnels de la santé et de nutritionnistes canadiens (n=335), questionnés lors de deux congrès canadiens portant sur le diabète, pouvaient identifier correctement l'apport en sucres ajoutés au Canada parmi quatre choix de réponse [88]. Seulement 17% du sous-groupe de nutritionnistes (n=150) ont répondu correctement. De plus, seulement 10% de tout l'échantillon savait que la recommandation de l'OMS était basée sur des évidences en lien avec la carie dentaire, la grande majorité croyant que les évidences étaient en lien avec plusieurs maladies chroniques (obésité, syndrome métabolique, diabète et carie dentaire) [88].

Les sucres libres demeurent un nutriment d'intérêt puisqu'ils sont généralement associés de façon défavorable à la santé cardiometabolique, alors que les sucres naturellement présents y sont favorablement associés. Nos résultats ont justement montré une divergence dans les associations entre les sucres libres et les sucres naturellement présents et des variables de santé cardiometabolique (indice de masse corporelle, tour de taille, glycémie et insulïnémie à jeun, HOMA-IR, protéine C-Réactive, triglycérides, cholestérol LDL et HDL, ratio du cholestérol total/cholestérol HDL, pressions artérielles systolique et diastolique et score Z du syndrome métabolique). Les pistes d'explication sont discutées à la section suivante.

Selon le rapport de l'OMS, aucun effet néfaste pour la santé n'a été associé à une diminution de la consommation de sucres libres [41]. On peut ainsi appuyer l'importance d'émettre des recommandations visant à limiter la consommation de sucres libres pour laisser une place plus importante aux aliments de meilleure qualité nutritive dans l'alimentation, dont certains contiennent des sucres naturellement présents, et ainsi, par le fait même, favoriser une bonne qualité globale de la diète. Recommander à la population de diminuer la consommation d'aliments contenant du sucre libre/ajouté peut aussi s'avérer utile pour diminuer la densité énergétique de la diète [37,55] et donc aider à une saine gestion du poids [49,102]. Respecter une certaine limite de consommation de sucres libres, tout en ne dépassant pas les besoins énergétiques quotidiens, pourrait

également permettre d'assurer un apport suffisant en micronutriments, puisque la consommation de sucres libres est associée à une dilution de nutriments dans la diète [13,67,130]. La dilution de nutriments provient du fait que si la proportion d'aliments riches en sucres libres, mais pauvres en nutriments, augmente dans l'alimentation, la proportion d'aliments nutritionnellement denses diminue de façon concomitante [67]. Au départ, le concept de sucres ajoutés, développé par le *USDA Center for Nutrition Policy*, avait justement pour but, en les évitant, de favoriser une consommation d'aliments moins denses en énergie et plus denses en nutriments [28].

Par contre, la limite de 10%É peut être difficilement atteignable pour certains [11]. De plus, il peut être compliqué, voire peu approprié, pour le consommateur de calculer son pourcentage d'apport énergétique quotidien provenant des sucres libres. D'ailleurs, la limite maximale de 10%É est remise en doute par différents auteurs qui la jugent trop sévère [86] ou qui affirment que les évidences ayant guidé ce choix quantitatif sont trop limitées [102].

Le sucre n'est pas exempt d'effets potentiellement néfastes sur la santé, mais il ne doit pas non plus être défini comme un nutriment toxique [87]. L'objectif de santé publique ne devrait pas être de viser une alimentation exempte de sucres, mais plutôt d'en diminuer la consommation. L'Association canadienne du diabète mentionne que «des quantités modérées de sucres peuvent être consommées en toute sécurité par les personnes atteintes de diabète et les personnes à risque» [traduction libre] [131].

Tel que la littérature le suggère et tel que nos résultats l'appuient, tous les sucres ne sont pas équivalents quant à leur association avec des variables indicatrices de l'état de santé. Il faudrait donc faire preuve de prudence et de nuances lorsqu'on aborde le lien entre la consommation de sucre et la santé. Il importe toutefois de préciser que quelques-unes des pistes de discussion avancées dans les prochaines sections pourraient être perçues comme étant dans le même esprit que certains des arguments que l'industrie du sucre utilise pour se défendre contre les tentatives de mise en place de réglementations et de politiques [25] visant à réduire la teneur en sucres dans les aliments, par exemple. Ainsi, les idées énoncées dans les prochaines sections ne font surtout pas l'apologie d'une consommation immodérée de sucres libres et ne tentent pas de sous-estimer leur impact sur la santé. L'objectif est plutôt de présenter, avec discernement, que le sujet est complexe et qu'on doit faire preuve de prudence en l'abordant.

3. Importance de tenir compte du type de sucre et de la forme dans laquelle il est consommé

Les résultats de mon projet de maîtrise, même s'ils proviennent d'une étude transversale et qu'on ne peut donc pas se prononcer quant aux possibles relations de cause à effet entre les variables étudiées, montrent que le type et la source de sucre sont d'une importance cruciale lorsqu'on parle d'association entre sucre et santé.

D'une part, les sucres libres et les sucres naturellement présents sont associés différemment aux variables de santé cardiométabolique étudiées. Comme la molécule de sucre est en fait la même, qu'elle soit libre ou naturellement présente, il semble que la matrice alimentaire ait une importance dans l'étude de l'association avec la santé cardiométabolique [9]. La consommation de fruits, qui sont des aliments riches en sucre, étant associée négativement à l'obésité et aux maladies chroniques associées [132], est un bon exemple que le sucre en soi n'est pas nécessairement la variable d'intérêt [132]. D'un point de vue métabolique, il semble surprenant que de tels aliments riches en sucres puissent avoir un effet anti-obésité [132]. On peut donc penser que les autres nutriments présents dans les fruits (source de sucres naturellement présents), comme les fibres ou les vitamines, ont aussi un rôle à jouer et influenceraient les associations [37]. Aussi, une modulation du microbiote résultant de la consommation de fruits, et même d'autres mécanismes, dont certains sont encore méconnus, pourraient expliquer en partie l'effet anti-obésité des fruits [132], qui sont des aliments pourtant riches en les mêmes sucres qu'on peut retrouver sous forme de sucres libres dans les aliments ultra-transformés et dans les boissons sucrées.

Un autre élément qui pourrait expliquer la divergence des effets sur la santé est le fait que les aliments qui sont des sources de sucres libres contribuent moins à la satiété tout en ayant des caractéristiques organoleptiques incitant à la surconsommation calorique [116]. D'ailleurs, les aliments riches en sucres libres contiennent souvent d'autres nutriments, qui influenceraient aussi les associations avec la santé. Par exemple, les pâtisseries (source de sucres libres) contiennent des gras saturés et une densité calorique importante, qui ont aussi un rôle à jouer dans les associations avec des variables cardiométaboliques [37].

Ainsi, en raison de la divergence des associations impliquant les sucres libres et les sucres naturellement présents, nos résultats suggèrent que de parler de sucres totaux n'est pas une approche exacte pour informer adéquatement la population et pour espérer améliorer la santé de celle-ci.

D'autre part, la forme dans laquelle le sucre est consommé semble aussi avoir un impact sur l'association entre sucre et santé. En effet, les boissons sucrées (liquides) et les aliments étant des sources solides de sucres libres ne sont pas associés de la même façon aux variables de santé cardiométabolique étudiées. Les sucres libres sous forme liquide semblent être ceux qui sont le plus associés à une santé métabolique dégradée

[10,102]. Nos résultats, tout comme ceux de plusieurs articles dans la littérature, vont en ce sens. Les boissons sucrées, contrairement aux sources solides de sucre, sont associées à une satiété diminuée en raison de l'absence de matrice alimentaire [102]. Dans les aliments solides, les fibres et les autres nutriments, ainsi que le fait qu'ils doivent être mastiqués et qu'ils prennent donc plus de temps à être consommés contrairement aux boissons sucrées, contribuent à la satiété, ce qui a un impact sur l'adéquation entre l'apport et le besoin énergétiques [49,90,109].

Nos résultats suggèrent donc que les recommandations de santé publique pourraient être précisées et nuancées, en mettant davantage l'accent sur les sources liquides de sucres libres, soit les boissons sucrées, plutôt que sur les sucres libres en général. Même si ce sont surtout les sources liquides de sucres libres qui sont associées de façon défavorable à la santé, la population pourrait tout de même bénéficier d'une diminution de sa consommation globale de sucres libres, puisque nos résultats ont montré qu'elle était, bien que faiblement, associée négativement à la qualité alimentaire.

Finalement, orienter les messages de santé publique vers des aliments et boissons dont la consommation devrait être limitée ou encouragée constituerait une approche davantage intéressante que de cibler des nutriments, comme le sucre libre, dont l'apport ne devrait pas dépasser un seuil quotidien. Cette façon d'aborder la résolution du problème de consommation excessive de sucres libres pourrait d'ailleurs mieux s'appliquer au contexte de «vraie vie», puisqu'il peut être compliqué pour un individu de s'assurer que son apport en sucres libres ne dépasse pas 10% de son apport énergétique quotidien. Le Guide alimentaire canadien recommande de limiter la consommation d'aliments hautement transformés, qui est un conseil plus concret et facile à suivre [57]. Il importe donc de s'intéresser aux aliments contenant du sucre et non au sucre lui-même [54] et, dans une plus large mesure, d'étudier le contexte de consommation de ces aliments riches en sucre et le patron alimentaire global.

4. Importance de tenir compte de l'alimentation globale et des habitudes de vie

Une autre conclusion importante de mon projet de maîtrise concerne l'orientation du message de santé publique qu'il serait intéressant d'adopter.

Dans un premier temps, nos résultats ont montré que la qualité de la diète est assez fortement corrélée de façon négative avec la consommation de sucres libres. On peut donc penser que l'apport en sucres libres reflète une moins bonne qualité alimentaire. On peut aussi penser que de mettre en place des mesures permettant de diminuer la consommation de sucres libres pourra permettre d'améliorer la qualité alimentaire globale.

Dans un deuxième temps, nos résultats ont montré que la qualité de la diète semble influencer les associations entre l'apport en sucres libre et naturellement présent et les variables de santé. Puisque très peu d'associations

étaient significatives lorsque les modèles de régression linéaire étaient ajustés pour la qualité de la diète, on peut suggérer que celle-ci est en réalité le facteur d'intérêt [133]. Tel que plusieurs auteurs l'ont mentionné, se concentrer uniquement sur la consommation de sucre est une approche réductrice [86] dont la portée est limitée.

Par ailleurs, l'obésité et les maladies chroniques prévalentes dans nos sociétés sont multifactorielles et leur étiologie est complexe [18,19,49,109]. On peut donc difficilement penser qu'un seul nutriment comme le sucre puisse être une cause majeure de leur épidémie et que de cibler seulement l'apport en sucre, ou en boissons sucrées, permettrait d'améliorer à lui seul la situation [18,49,134]. Avec des résultats comme en Australie et au Royaume-Uni, où la consommation apparente de sucres ajoutés a diminué d'environ 20% sur la période de 30 ans étudiée (environ de 1980 à 2010), mais que la prévalence d'obésité et d'embonpoint a augmenté d'environ 300% sur cette même période, on peut effectivement penser que ce n'est pas le sucre lui-même qui en est la seule cause [135].

Évidemment, des quantités de sucre démesurées et des fréquences de consommation extrêmes, tout comme pour tout autre nutriment, pourraient poser des problèmes pour la santé [28], mais la consommation de sucre, dans des limites normales, ne semble pas être associée à une augmentation des risques de maladies cardiovasculaires ou de mortalité [86,107].

En mettant trop l'accent sur le sucre et les boissons sucrées, il y a différents risques à prévoir pour la santé publique [37]. À trop vouloir faire en sorte que les gens diminuent leur consommation de sucre, on peut négliger d'autres aspects nutritionnels importants [86] et on observe des paradoxes. L'exemple de Barclay et Brand-Miller est éloquent : «[...] plusieurs consomment de la malbouffe accompagnée d'une boisson diète» [traduction libre] [135]. On peut aussi penser aux divers aliments commerciaux ultra-transformés, riches en gras saturés et en kilocalories, mais qui sont «sans sucre», faits avec des édulcorants. Des auteurs suggèrent que dans les dernières années, à trop parler de diminuer la consommation de certains nutriments, dont le sucre, on n'a possiblement pas assez mis l'accent sur la réduction de l'apport énergétique, qui aurait une plus grande importance dans le développement des maladies chroniques [135]. Il y a aussi le risque qu'en demandant aux gens de ne pas dépasser une certaine quantité de sucres quotidiennement, l'industrie s'adapte et choisisse de diminuer la teneur en sucres de ses produits en la remplaçant par un ou plusieurs autres ingrédients (ex. : des édulcorants, de la maltodextrine ou de l'amidon raffiné à indice glycémique élevé) dont leurs effets sur la santé sont plutôt néfastes ou méconnus, lorsqu'ils sont consommés en grandes quantités [23,37,96]. Par exemple, l'effet des édulcorants sur le contrôle glycémique et le diabète de type 2 n'est pas bien compris [136]. Cette substitution du sucre par un autre nutriment peut également se produire dans l'alimentation individuelle. Il a été démontré que ceux qui ont une alimentation plus riche en sucres ajoutés consommaient moins de gras, mais que l'inverse était également possible [13,135]. Louie et Tapsell font remarquer que ceci entraîne des conséquences indésirables puisque le gras est un macronutriment plus dense en énergie que le sucre, ce qui

pourrait donc contribuer à augmenter l'apport énergétique et entraîner les effets qui y sont associés [13]. Par ailleurs, avec l'apparition d'allégations telles que «faible en sucre», «moins de sucre» ou «sans sucre», on entretient l'idée qu'on doit éliminer le sucre de l'alimentation pour être en santé [37]. Il y a donc également le danger que certaines sources de sucres naturellement présents, riches en nutriments, soient délaissées [27,37]. On ne peut que penser que ces stratégies, presque exclusivement en lien avec le sucre, ne font que contourner ou déplacer le problème. Des auteurs mettent en garde contre l'orientation excessive de l'attention sur le sucre, pour éviter que ne se reproduisent les conséquences observées à l'ère du paradigme du «moins de gras» [37,137]. Après que toutes les attentions aient été sur ce nutriment, la méfiance s'est déplacée vers le sucre, tel qu'on le constate aujourd'hui [134].

Ainsi, s'attaquer à la qualité globale de la diète, plutôt qu'à seulement certains nutriments, peut s'avérer plus fructueux [23,55]. Heureusement, de plus en plus, les messages de santé publique véhiculés ont trait à la consommation d'aliments frais, à l'évitement des aliments ultra-transformés, à la promotion de la variété et de la couleur dans l'assiette, plutôt qu'à la mise à l'avant-plan d'un apport maximal en sucres libres. Il n'en demeure pas moins que le sucre libre fournit des kilocalories, ne présente aucun avantage nutritionnel et que les aliments et les patrons alimentaires qui en sont riches ont souvent une pauvre densité nutritionnelle [23,138]. Dans la prochaine section, quelques mesures visant à diminuer la consommation de sucres libres seront discutées.

5. Stratégies visant à réduire la consommation de sucres libres

5.1. Étiquetage nutritionnel adéquat

D'abord, il peut être difficile pour les consommateurs de faire des choix alimentaires sains et de respecter les recommandations de consommation de sucre, puisque celles-ci portent sur les sucres libres, tandis que l'information transmise sur les étiquettes de valeurs nutritives au Canada est à propos de la teneur en sucres totaux [9]. Actuellement, les consommateurs ne peuvent pas connaître la teneur en sucres libres dans les aliments. En 2016, des modifications à l'étiquetage nutritionnel ont été faites au Canada, mais celles-ci ne concernent pas les sucres libres/ajoutés [5]. Un pourcentage de la valeur quotidienne (référence de 100g) pour les sucres totaux a été ajouté sur les étiquettes [5]. Cette valeur de référence de 100g par jour ne découle pas d'une recommandation [139]. Il s'agit plutôt d'une valeur reflétant le patron alimentaire de la population canadienne, tel que rapporté dans l'ESCC 2004 [139]. Bernstein et coll. sont d'avis que l'utilisation de cette valeur ne fait qu'encourager le *statu quo* [139]. Santé Canada affirme que cette valeur quotidienne de 100g de sucres totaux est «[...] conforme à un modèle d'alimentation saine [...]» [140]. Dans son document explicatif intitulé «Modifications à l'étiquetage des aliments», le Gouvernement du Canada mentionne que le pourcentage de la valeur quotidienne est ajouté afin de permettre de mieux «[...] reconnaître les aliments sucrés dont il faut limiter la consommation, par exemple ceux dont la valeur quotidienne en sucres est égale ou supérieure à 15%»

[5]. Une autre modification apportée à l'étiquetage nutritionnel est le regroupement de tous les ingrédients à base de sucre dans la liste d'ingrédients afin d'aider le consommateur à identifier les sucres ajoutés au produit [5]. Ainsi, les consommateurs peuvent identifier la présence ou l'absence qualitative de sucres libres, mais ils n'ont aucune indication quantitative de la teneur dans le produit. Ils ne peuvent donc pas comparer entre elles les étiquettes de valeurs nutritives des aliments, afin de faire le choix contenant le moins de sucres libres.

Lors de la consultation publique entourant les changements à l'étiquetage nutritionnel, les intervenants de la santé ont mentionné leur préoccupation quant au fait que d'indiquer le pourcentage de la valeur quotidienne pour les sucres totaux, et non la teneur en sucres libres ou ajoutés, pourrait entraîner de la confusion chez le consommateur [27,141]. Ils craignent que le consommateur puisse croire que l'apport en sucres totaux doit être limité, alors que ceux-ci peuvent provenir d'aliments intéressants d'un point de vue nutritionnel, mais contenant des sucres totaux sous forme de sucres naturellement présents, comme le yogourt ou les fruits [27,141]. Lors de cette consultation publique, les consommateurs et les intervenants de la santé étaient en faveur de l'ajout des quantités de sucres ajoutés sur les étiquettes de valeurs nutritives [27]. Toutefois, l'industrie n'était pas du même avis et remettait en question la pertinence de l'idée, en utilisant comme argument que le métabolisme des sucres ajoutés n'est pas différent du métabolisme des sucres naturellement présents [27]. Un autre argument utilisé par l'industrie concernait la difficulté de différencier les sucres avec des méthodes chimiques [27]. Par contre, les compagnies connaissent leurs recettes (et donc les quantités de chacun des ingrédients dans leurs produits) et seraient donc en mesure de fournir cette information aux autorités et de déclarer la teneur en sucres ajoutés sur les étiquettes.

Toutefois, une des craintes soulevées quant à cette façon d'indiquer la teneur en sucres dans les aliments est que le consommateur pourrait mal interpréter l'information présentée. Une étude menée aux États-Unis a évalué la compréhension de la population de trois différentes versions de l'étiquette de valeurs nutritives incluant 1- seulement les sucres totaux, 2- les sucres totaux (mais seulement identifiés comme «Sucres») et les sucres ajoutés ou 3- les sucres totaux (identifiés comme tels («Sucres totaux»)) et les sucres ajoutés [142]. Une importante proportion des participants étaient confus par rapport à la façon de tenir compte des sucres ajoutés [142]. Plutôt que de les considérer comme inclus dans les sucres totaux, la majorité (52%) les considérait en surplus des sucres totaux dans la version où ceux-ci étaient identifiés comme «sucres» (version 2) [142]. La proportion de participants ayant mal interprété l'information présentée était diminuée (33%) lorsque les sucres totaux étaient identifiés comme «sucres totaux» (version 3) [142]. Les auteurs concluent donc que d'ajouter la teneur en sucres ajoutés pourrait confondre le consommateur, plutôt que d'apporter de la précision [142]. Il y aurait toutefois des façons de présenter les valeurs nutritives pour aider le consommateur à mieux comprendre l'information véhiculée. Une étude canadienne a montré qu'on pourrait aider le consommateur à identifier si un produit contient ou non des sucres ajoutés en indiquant la teneur en grammes de sucres ajoutés sur les

étiquettes (version A) ou la teneur en grammes en plus du pourcentage de la valeur quotidienne (version B). En effet, comparativement aux participants exposés à la version de base de l'étiquette, qui n'inclut que la teneur en sucres totaux, ceux exposés à la version A, étaient davantage en mesure de dire si l'aliment contenait ou non du sucre ajouté (rapport de cotes de 2,85). La version B était celle qui permettait le plus aux participants de dire si l'aliment contenait ou non des sucres ajoutés (rapport de cotes de 2,99) [141]. De plus, la version B était aussi celle qui permettait le mieux de déterminer si le produit contenait «beaucoup» de sucres ajoutés, comparativement à la version de base de l'étiquette (rapport de cotes de 3,89) [141]. Il y aurait donc des façons de présenter l'information qui faciliteraient la compréhension, par exemple, une indication qualitative sur la teneur «élevée», «moyenne» ou «faible» en sucres ajoutés du produit pourrait être ajoutée à droite de la quantité en grammes [143].

Si l'ajout de la teneur en sucres libres ou ajoutés sur les étiquettes de valeurs nutritives devrait être fait de façon prudente et réfléchi, il semble que tenir compte de ce type de sucre plutôt que des sucres totaux permettrait de mieux classer les aliments selon des méthodes de profilage nutritionnel. Différents outils de profilage nutritionnel existent et permettent de faciliter la comparaison des valeurs nutritives globales des aliments commerciaux, en attribuant un score selon la teneur en divers nutriments. La majorité des méthodes de profilage utilise la teneur en sucres totaux dans leurs calculs, mais d'inclure plutôt la teneur en sucres libres ou ajoutés permettrait une meilleure discrimination des produits. De cette façon, on pourrait mieux guider les consommateurs vers de meilleurs choix alimentaires à travers une même catégorie d'aliments. En Australie, une étude a montré que si on utilise la teneur en sucres ajoutés plutôt que la teneur en sucres totaux dans le calcul du *Heath Star Rating*, un outil de profilage nutritionnel, on pouvait mieux discriminer les aliments de base (*core foods*) des autres aliments (*discretionary foods*) [144]. Le *Health Star Rating* est un score sur 5, calculé selon les teneurs en nutriments ou ingrédients à privilégier ou à limiter, qui permet d'aider le consommateur à choisir les aliments ayant les meilleures qualités nutritionnelles [144]. Au Canada, un exercice semblable a été fait [145]. Une équipe de recherche a évalué les différences de classification des aliments commerciaux contenant «peu de sucres» (<5% de la valeur quotidienne) ou «beaucoup de sucres» (>15% de la valeur quotidienne) selon si l'on utilise les sucres totaux (valeur quotidienne de 100g) ou les sucres libres (valeur quotidienne de 50g, qui correspond à la recommandation de l'OMS, soit 10% d'une diète de 2000 kcal) [145]. Trente-sept pour cent des aliments commerciaux étudiés contenaient «beaucoup de sucres totaux», alors que 54% des aliments contenaient «beaucoup de sucres libres» [145]. Indiquer l'information à propos des sucres libres dans le tableau de valeurs nutritives, plutôt que l'information à propos des sucres totaux, permettrait donc aux consommateurs de mieux identifier les aliments moins sains [145].

De tels systèmes de profilage nutritionnel des aliments pourraient également inciter l'industrie à améliorer la valeur nutritive de leurs produits afin d'obtenir un meilleur score, ce qui aurait comme effet potentiel d'améliorer l'apport alimentaire des populations et donc la santé de celles-ci [144,146].

Bref, afin de mieux informer le consommateur et pour espérer avoir de meilleures retombées sur la santé de la population, il serait préférable, tel que le recommande la Fondation des maladies du cœur et de l'AVC du Canada, de rendre disponible l'information à propos des sucres libres (ou ajoutés) sur les étiquettes de valeurs nutritives [58]. En plus de modifier l'information que l'on rend disponible au consommateur, il serait avantageux de revoir la teneur en sucres ajoutés/libres dans l'offre alimentaire.

5.2. Reformulation des produits commerciaux

Sachant qu'un apport excessif en sucres libres peut entraîner des répercussions sur la santé des populations, reformuler les produits commerciaux afin d'en diminuer la teneur en sucres libres serait une façon de contribuer à résoudre une partie du problème [8].

Comme la catégorie des boissons sucrées est un important contributeur à l'apport en sucres libres (35,5% dans l'échantillon que nous avons étudié) et que celles-ci sont plus fortement associées à une santé cardiométabolique détériorée, il serait avantageux de diminuer la teneur en sucres ajoutés dans ces boissons. Une étude menée au Royaume-Uni a évalué l'effet d'une diminution graduelle simulée de 40% sur 5 ans de la teneur en sucres libres dans les boissons sucrées, sans utiliser d'édulcorants [147]. Cette mesure simulée réplique le programme qui avait été mis en place pour réduire la teneur en sodium de 40% dans les aliments commerciaux sur une période de 5 ans [147]. Une telle mesure de réduction de la teneur en sucres dans les boissons sucrées permettrait de réduire de 38 kilocalories l'apport énergétique quotidien à la fin de la période de 5 ans, ce qui entraînerait une perte de poids moyenne de 1,2 kg, 5 ans après la mise en place de la mesure, et permettrait d'éviter entre 274 000 et 309 000 cas de diabète de type 2, durant les deux décennies suivantes [147]. Les auteurs mentionnent que cette mesure est faisable et qu'elle permettrait des changements durables dans la santé de leur population [147].

Comme le sucre libre est omniprésent dans l'offre alimentaire, il serait également indiqué d'en diminuer la teneur dans les aliments, en plus des boissons.

Des auteurs français ont estimé l'impact d'une reformulation réaliste et potentielle des aliments commerciaux sur la mortalité en France [148]. Afin de s'assurer que les reformulations proposées étaient réalistes, autant d'un point de vue d'acceptabilité auprès des consommateurs que de faisabilité pour les fabricants, ils se sont assurés que les valeurs nutritionnelles cibles étaient déjà atteintes par certains aliments sur le marché, dans chaque catégorie d'aliments ciblée [148]. Leur scénario de diminution de la teneur en sucres ajoutés des produits a

entraîné une diminution théorique de 14,4% de l'apport populationnel en sucres ajoutés [148]. Concernant l'impact de la diminution de la teneur en sucres ajoutés dans l'offre alimentaire sur la mortalité, l'impact le plus important a été observé pour les collations, dont la reformulation (-20% de sucres ajoutés) pourrait permettre d'éviter 0,57% des décès en France [148], ce qui n'est pas négligeable considérant qu'une telle reformulation est réaliste et possible.

Dans un article publié en 2016, Bernstein et coll. ont montré que les sucres libres contribuent en moyenne à 20% des kilocalories dans les aliments commerciaux au Canada et qu'il y avait 152 ingrédients différents utilisés pour sucrer les aliments commerciaux sur le marché canadien [8]. Reformuler les produits commerciaux n'est pas chose simple et entraînerait des dépenses importantes pour l'industrie [27], mais on considère tout de même qu'il s'agit d'une approche rentable d'un point de vue de santé publique [146]. Bernstein et coll. ont également suggéré que le fait qu'on retrouve parfois une grande variabilité dans les teneurs en sucres libres pour des aliments similaires, mais provenant de compagnies différentes, montre qu'il serait envisageable et possible de diminuer la teneur en sucre dans les aliments commerciaux [8]. Certaines compagnies ont pris l'initiative de développer de nouvelles gammes de produits sans sucre ajouté ou dans lesquels la teneur en sucres est réduite, sans qu'ils ne soient remplacés par des édulcorants ou d'autres ingrédients. L'initiative de profilage nutritionnel prise par Nestlé (*Nestlé Nutritional Profiling System*), qui a entraîné la reformulation de 99 produits de différentes catégories, a permis de diminuer la teneur en sucres totaux dans leur offre aux États-Unis et en France (diminution de 31% dans les boissons à base de lait, de 24% dans les pizzas, de 5% dans les repas complets, etc.) [149]. Cet exemple montre qu'il est possible pour l'industrie alimentaire de diminuer la teneur en sucres dans les produits. Il faut toutefois prendre garde à ce que l'industrie ne remplace pas le sucre par d'autres ingrédients ou des édulcorants, dont les effets sur la santé sont méconnus ou néfastes [23,37,96,136].

Toutefois, se fier uniquement aux initiatives volontaires ne serait pas suffisant pour permettre un changement notable dans la teneur en sucres libres des aliments commerciaux, tel que démontré dans une étude de l'offre alimentaire en Slovénie [118]. Les grandes compagnies sont moins enclines à modifier leurs produits populaires, de peur de voir leur part de marché diminuer aux dépens des concurrents [118]. Les auteurs suggèrent donc que l'on devrait identifier une teneur maximale en sucres libres dans chaque catégorie de produits pour inciter toutes les compagnies à revoir la formulation de leurs produits respectifs [118]. Cette teneur maximale pourrait également servir de référence pour conseiller les achats faits dans les institutions publiques [118].

La reformulation des aliments commerciaux constitue une stratégie intéressante puisqu'elle permettrait d'améliorer l'offre alimentaire, mais n'obligerait pas les consommateurs à modifier leur comportement, si les aliments reformulés demeurent intéressants d'un point de vue organoleptique [146]. Les quantités de sucre pourraient être diminuées graduellement, de façon à en améliorer l'acceptabilité [146,147]. Tout comme c'est le cas pour la perception plus intense du goût salé lorsqu'un individu commence à consommer moins de sodium

dans sa diète, un effet similaire se produit lorsqu'une diminution de l'apport en sucres libres survient dans l'alimentation [150]. Si un individu consomme une diète moins sucrée, sa perception du goût sucré se raffine et il juge donc qu'un aliment est sucré à des concentrations de sucre pourtant plus faibles [147,150]. Une étude a montré que cet effet est perceptible après deux ou trois mois [150]. On peut donc penser que le consommateur pourrait possiblement s'habituer au goût moins sucré des aliments commerciaux.

La reformulation des aliments commerciaux peut s'avérer une mesure utile de modification de l'environnement alimentaire pour diminuer l'apport en sucres libres dans la population, mais d'autres mesures doivent également être mises en place pour diminuer l'incidence de maladies chroniques, puisque la portée de cette stratégie demeure limitée [147,148].

5.3. Taxation des boissons et aliments malsains

5.3.1. *Taxation des boissons sucrées*

Il a été reconnu qu'une cible pertinente et efficace pour réduire la prévalence d'obésité consiste en la diminution de la consommation des boissons sucrées [19]. Des auteurs ont rapporté qu'aux États-Unis, celles-ci fournissent en moyenne 150 kilocalories par jour, ce qui équivaut à un gain de poids d'une livre par 20 jours si la dépense énergétique et l'apport calorique du reste de la diète demeurent stables [19]. Une stratégie recommandée par plusieurs associations pour diminuer la consommation de boissons sucrées, et donc la consommation de sucres libres, est la taxation de celles-ci. Diabète Canada, dans une prise de position, recommande que le Gouvernement du Canada, à l'instar du Mexique, de la France et de certaines régions des États-Unis et de l'Europe, instaure une taxe sur les boissons sucrées et qu'il utilise les revenus engendrés par celle-ci pour promouvoir la saine alimentation [24]. La Fondation des maladies du cœur et de l'AVC mentionne qu'il s'agit d'une des mesures au meilleur rapport coût-efficacité permettant de modifier le comportement de consommation [58]. Afin que cette mesure soit efficace, il faut toutefois que les consommateurs remplacent les boissons sucrées par de l'eau ou des boissons non sucrées sans édulcorants et non d'autres types de boissons sucrées ou édulcorées [111].

Une méta-analyse a évalué l'effet de la mise en place d'une taxe sur les boissons sucrées dans différents pays en comparant les ventes et la consommation, avant et après l'entrée en vigueur de la taxe, ou en comparant des régions d'un même pays qui ont implanté ou non une telle mesure [151]. Les résultats ont montré qu'une taxe de 10% entraîne une diminution de 10% des ventes et de l'apport en boissons sucrées [151]. Taxer les boissons sucrées est donc une façon efficace d'en diminuer la consommation dans le but de prévenir l'obésité et les maladies chroniques associées [151]. L'OMS est d'avis que d'augmenter le prix des boissons sucrées, via une taxe d'au moins 20%, selon le contenu en sucre, permettrait de réduire proportionnellement leur consommation [152].

En plus des mesures déjà en place au Québec pour limiter la vente et la consommation de boissons sucrées dans les milieux de gardes, les écoles et les établissements de santé, le gouvernement provincial étudie la possibilité d'instaurer la taxation des boissons sucrées comme mesure permettant d'en dénormaliser la consommation [23].

Mettre en place des mesures afin de diminuer la consommation de boissons sucrées dans la population serait certainement bénéfique, mais serait toutefois insuffisant pour régler les problèmes d'embonpoint, d'obésité et de maladies chroniques, qui sont tous multifactoriels [109]. La qualité globale de l'alimentation doit également être améliorée [18].

5.3.2. *Taxation de la malbouffe*

Les aliments ultra-transformés constituent une catégorie d'aliments qui contribue à une mauvaise qualité alimentaire globale en raison de l'importance de la place qu'ils occupent dans l'alimentation des sociétés occidentales et parce qu'ils fournissent de grandes quantités de gras, de sel et de sucre, tout en étant assez pauvres en nutriments [14,15,115,116]. Une consommation importante d'aliments ultra-transformés, en plus de fournir une importante quantité de sucres libres, contribue à un apport énergétique excessif qui peut à son tour entraîner un gain de poids [24]. Taxer les aliments ultra-transformés riches en sucres pourrait donc aussi être une façon d'en diminuer la consommation et de prévenir les effets négatifs sur la santé de notre population [152]. Taxer des aliments pour lesquels il existe des alternatives ayant des valeurs nutritives plus intéressantes semble être une approche à privilégier [152]. L'OMS affirme que la taxation des aliments est une approche prometteuse puisque les populations les plus vulnérables, soit celles ayant un faible revenu et les jeunes, par exemple, sont celles qui sont les plus affectées par des changements du prix des aliments et donc qui risquent le plus de modifier leur comportement d'achat et leur consommation de ces aliments taxés [152].

En plus de taxer les boissons sucrées et les aliments ultra-transformés dans le but d'en diminuer la consommation, les aliments sains, comme les fruits et légumes, pourraient être subventionnés pour encourager leurs achats. Par exemple, une méta-analyse a montré que pour chaque diminution de 10% du prix des fruits et légumes (sous forme de coupons, de rabais ou de remises en magasin), on observe une augmentation de 14% de leur consommation [153]. L'OMS soutient de telles initiatives positives et recommande des subventions permettant de diminuer d'au moins de 10% à 30% le prix des fruits et légumes pour voir des résultats substantiels sur l'augmentation de leur consommation [152].

5.4. Efficacité de la combinaison de différentes mesures de santé publique

Mettre en place des politiques de santé publique variées, agissant à différents niveaux, pourra permettre de diminuer la consommation de sucres libres dans la population et ainsi avoir un impact sur la santé des populations.

Par exemple, le Chili a mis en place, en 2016, diverses mesures législatives : avertissements sur le devant des emballages des produits commerciaux, restriction du marketing alimentaire destiné aux enfants et interdiction de vente d'aliments et de boissons riches en sucre, sel et gras dans les écoles [154]. Les achats de boissons riches en sucres ont conséquemment diminué de 24% et les kilocalories et le sucre fournis par ces boissons ont diminué respectivement de 27% et 25% [154]. Les diminutions en valeurs absolues étaient similaires autant dans les sous-groupes ayant un niveau d'éducation élevé ou faible [154].

L'impact de ces mesures, évalué de façon observationnelle, est encourageant et montre l'efficacité de celles-ci à diminuer la consommation de sucre à l'échelle populationnelle [154]. Ces résultats suggèrent également qu'il est plus efficace de combiner plusieurs mesures, plutôt que d'en implanter qu'une seule [154]. Il importe également de s'assurer que les mesures mises en place ne créent pas davantage de disparité entre les sous-groupes plus ou moins éduqués ou ayant un revenu plus ou moins important.

Bref, les municipalités et les gouvernements provinciaux et fédéraux ont un rôle à jouer dans la promotion de la santé de leur population, en mettant en place des mesures facilitant l'accès aux aliments sains (ex. : augmenter l'accessibilité à l'eau potable) ou limitant l'accès aux aliments malsains (ex. : réduire la grosseur des portions de boissons sucrées servies dans les chaînes de restauration rapide) et en créant des environnements favorables à la saine alimentation (ex. : revoir l'aménagement du zonage pour favoriser les commerces offrant des aliments sains plutôt que malsains) [58].

Les mesures décrites plus haut sont pertinentes pour améliorer l'environnement alimentaire et veiller à ce que la consommation de sucres libres de la population diminue. Par contre, l'éducation nutritionnelle demeure importante et adopter un point de vue plus global quant à l'amélioration de la qualité de la diète, en misant sur les aliments sains, pourrait également s'avérer judicieux.

5.5. Miser sur l'amélioration de la qualité alimentaire globale

Selon nos conclusions, on peut penser qu'axer davantage les recommandations de consommation de sucre sur les boissons sucrées serait une piste pertinente pour améliorer la qualité alimentaire globale et pour diminuer la prévalence de maladies chroniques. Toutefois, des auteurs mettent en garde de ne pas en faire l'unique orientation des efforts de prévention de l'obésité et des maladies associées [18]. Sachant que la consommation

d'aliments riches en sucres libres contribue à l'apport énergétique et qu'une balance énergétique positive ne favorise pas la prévention de ces maladies, il peut, certes, être avantageux de diminuer la consommation de boissons sucrées et de sucres libres [41]. Cependant, pour y arriver, en plus des mesures discutées dans les sections précédentes, améliorer la qualité globale de la diète permettrait des changements plus durables vers la diminution du risque de maladies chroniques [18].

Les plus récentes approches nutritionnelles tendent d'ailleurs davantage à miser sur l'intégration d'aliments sains, l'équilibre alimentaire et la qualité globale de la diète, plutôt que le décompte des calories, des nutriments et des portions [14,23]. Les principales causes de mortalité et de morbidité de l'époque actuelle sont les maladies chroniques (maladies cardiovasculaires, diabète et cancer) alors qu'auparavant, la malnutrition et les carences en nutriments étaient plus prévalentes [134]. Ainsi, par le passé, les études nutritionnelles épidémiologiques concernaient surtout l'apport en nutriments [134]. Maintenant, les causes des maladies contemporaines sont principalement l'apport énergétique excessif et une qualité alimentaire sous-optimale [134]. On étudie maintenant davantage les aliments et les patrons alimentaires, plutôt que les nutriments, en association avec le développement des maladies non transmissibles [134].

Conséquemment, les dernières recommandations nutritionnelles concernent surtout les aliments à privilégier ou à limiter et les patrons alimentaires à adopter, plutôt que des apports quotidiens en nutriments à rencontrer ou à ne pas dépasser [155]. Axer nos recommandations sur un seul ou même quelques nutriments est une approche réductrice [134]. En 2014, le Guide alimentaire du Brésil a été un des premiers à avoir proposé une approche nutritionnelle plus positive, moins restrictive et moins quantitative [56]. Par exemple, on y recommande entre autres, tout simplement, de «Faire des aliments naturels ou peu transformés la base de [l']alimentation», d'«Utiliser des huiles, des graisses, du sel et du sucre en petites quantités pour assaisonner et cuire des aliments naturels ou peu transformés et pour créer des préparations culinaires» et d'«Éviter la consommation d'aliments ultra-transformés» [traductions libres] [56]. La nouvelle version du Guide alimentaire canadien de 2019 propose aussi des recommandations simples à suivre et de nature davantage qualitative que quantitative [57]. De plus, tout comme dans le Guide alimentaire brésilien, les lignes directrices canadiennes concernent également la façon de manger, plutôt que seulement les choix alimentaires [57]. Voici quelques exemples des recommandations que l'on retrouve dans le Guide alimentaire canadien. «Mangez des légumes et des fruits en abondance, des aliments à grains entiers et des aliments protéinés», «Utilisez des ingrédients qui contiennent peu ou pas de sodium, de sucres ou de gras saturés ajoutés pour préparer vos repas ou collations» et «Remplacez les boissons sucrées par de l'eau» [57].

En somme, ces recommandations permettent d'assurer une bonne qualité alimentaire et de limiter la consommation de sucre, entre autres, puisque les deux vont de pair. Cette approche est également plus intéressante, efficiente et durable vers l'atteinte d'une bonne santé cardiometabolique. De tels messages de

santé publique sont également plus faciles à comprendre et à appliquer, puisqu'on consomme des aliments et non des nutriments [134]. Ces messages sont d'ailleurs plus positifs et moins moralisateurs que d'énoncer une quantité de sucres libres à ne pas dépasser quotidiennement.

Conclusion

Certes, les Québécois ont un apport en sucres libres supérieur à la recommandation de l'OMS et nos résultats ont montré qu'ils seraient associés négativement à la santé cardiométabolique. Toutefois, les associations observées étaient relativement faibles, surtout en ce qui concerne les sources solides de sucres libres. Ces associations étaient d'autant plus atténuées lorsque la qualité alimentaire globale et d'autres cofacteurs étaient pris en compte.

L'obésité et les maladies chroniques qui y sont associées sont multifactorielles et leur étiologie est complexe. Des auteurs ont énuméré une longue liste de facteurs possiblement impliqués dans le développement de celles-ci: «[...] apport énergétique élevé, mauvaise qualité alimentaire, consommation d'aliments ultra-transformés, marketing alimentaire, disponibilité des aliments, facteurs culturels, génétiques, épigénétiques et neurobiologiques, fonction des tissus adipeux, microbiote intestinal, sédentarité, temps d'écran et temps en position assise, environnement bâti, manque de sommeil, pollution de l'air, statut socio-économique, etc.» [traduction libre] [18]. Avec cette énumération, non exhaustive par ailleurs, on peut difficilement imaginer que l'on pourrait réduire la prévalence ou prévenir le développement des maladies contemporaines en accordant une importance démesurée à un élément aussi spécifique que la consommation de sucre, ou même de boissons sucrées [18], au risque de négliger d'autres facteurs qui, de surcroît, peuvent interagir entre eux.

Un exemple marquant du fait que la relation entre la consommation de certains aliments et la santé va bien au-delà d'aspects nutritionnels et métaboliques repose sur les résultats d'une étude transversale menée en Suède [107]. Celle-ci a montré une association négative entre la consommation de pâtisseries et la mortalité, malgré l'ajustement pour de nombreuses covariables [107]. Afin d'expliquer cette association surprenante, les auteurs ont émis l'hypothèse qu'un facteur difficile à mesurer, et qui n'a pas été pris en compte dans les analyses, jouerait un rôle important. En effet, puisqu'en Suède, les pâtisseries sont culturellement consommées durant les pauses entre collègues de travail, les auteurs ont suggéré que le soutien social engendré par cette pratique réduirait le risque de mortalité et déjouerait les effets métaboliques potentiellement néfastes de la consommation de pâtisseries [107].

Ces pistes de réflexion démontrent qu'on peut agir à différents niveaux et que de cibler seulement un facteur ne semble pas garant de succès, surtout pas dans une perspective d'amélioration à long terme et durable de la santé de notre population. D'un point de vue nutritionnel, dans une perspective de santé publique, il semble

donc qu'il vaudrait mieux miser sur l'amélioration de la qualité globale de l'alimentation, dans laquelle s'inscrit la réduction de consommation des boissons sucrées.

Bibliographie

1. Clemens, R.A.; Jones, J.M.; Kern, M.; Lee, S.-Y.; Mayhew, E.J.; Slavin, J.L.; Zivanovic, S. Functionality of Sugars in Foods and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2016, 15, 433-470, doi:10.1111/1541-4337.12194.
2. Temple, N.J. Fat, Sugar, Whole Grains and Heart Disease: 50 Years of Confusion. *Nutrients*, 2018, 10, doi:10.3390/nu10010039.
3. Tybor, D.J.; Beauchesne, A.R.; Niu, R.; Shams-White, M.M.; Chung, M. An Evidence Map of Research Linking Dietary Sugars to Potentially Related Health Outcomes. *Curr Dev Nutr*, 2018, 2, nzy059, doi:10.1093/cdn/nzy059.
4. Hess, J.; Latulippe, M.E.; Ayoob, K.; Slavin, J. The confusing world of dietary sugars: definitions, intakes, food sources and international dietary recommendations. *Food Funct.*, 2012, 3, 477-486, doi:10.1039/c2fo10250a.
5. Gouvernement du Canada. Modifications à l'étiquetage des aliments. 2020; Récupéré de: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/modifications-etiquetage-aliments.html>.
6. Health Canada. Canadian Nutrient File. 2015; Récupéré de: www.healthcanada.gc.ca/cnf.
7. Louie, J.C.; Moshtaghian, H.; Boylan, S.; Flood, V.M.; Rangan, A.M.; Barclay, A.W.; Brand-Miller, J.C.; Gill, T.P. A systematic methodology to estimate added sugar content of foods. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2015, 69, 154-161, doi:10.1038/ejcn.2014.256.
8. Bernstein, J.T.; Schermel, A.; Mills, C.M.; L'Abbe, M.R. Total and Free Sugar Content of Canadian Prepackaged Foods and Beverages. *Nutrients*, 2016, 8, doi:10.3390/nu8090582.
9. Mela, D.J.; Woolner, E.M. Perspective: Total, Added, or Free? What Kind of Sugars Should We Be Talking About? *Adv. Nutr.*, 2018, 9, 63-69, doi:10.1093/advances/nmx020.
10. Sundborn, G.; Thornley, S.; Merriman, T.R.; Lang, B.; King, C.; Lanaspá, M.A.; Johnson, R.J. Are Liquid Sugars Different from Solid Sugar in Their Ability to Cause Metabolic Syndrome? *Obesity (Silver Spring)*, 2019, 27, 879-887, doi:10.1002/oby.22472.
11. Moore, J.B.; Fielding, B.A. Sugar and metabolic health: is there still a debate? *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2016, 19, 303-309, doi:10.1097/mco.000000000000289.
12. Machado, P.P.; Steele, E.M.; Louzada, M.; Levy, R.B.; Rangan, A.; Woods, J.; Gill, T.; Scrinis, G.; Monteiro, C.A. Ultra-processed food consumption drives excessive free sugar intake among all age groups in Australia. *Eur. J. Nutr.*, 2019, 10.1007/s00394-019-02125-y, doi:10.1007/s00394-019-02125-y.
13. Louie, J.C.; Tapsell, L.C. Association between intake of total vs added sugar on diet quality: a systematic review. *Nutr. Rev.*, 2015, 73, 837-857, doi:10.1093/nutrit/nuv044.
14. Health Canada. *Canada's Dietary Guidelines for Health Professionals and Policy Makers*; Health Canada: Ottawa, Ontario, 2019; Récupéré de: <https://food-guide.canada.ca/en/guidelines/>.
15. Srouf, B.; Fezeu, L.K.; Kesse-Guyot, E.; Alles, B.; Mejean, C.; Andrianasolo, R.M.; Chazelas, E.; Deschasaux, M.; Hercberg, S.; Galan, P., et al. Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease: prospective cohort study (NutriNet-Sante). *BMJ*, 2019, 365, l1451, doi:10.1136/bmj.l1451.
16. Schmidt, L.A. New unsweetened truths about sugar. *JAMA Intern Med*, 2014, 174, 525-526, doi:10.1001/jamainternmed.2013.12991.
17. Bergeron, A.; Labonté, M.-É.; Brassard, D.; Bédard, A.; Laramée, C.; Robitaille, J.; Desroches, S.; Provencher, V.; Couillard, C.; Vohl, M.-C., et al. Intakes of Total, Free, and Naturally Occurring Sugars in the French-Speaking Adult Population of the Province of Québec, Canada: The PREDISE Study. *Nutrients*, 2019, 11, 2317.
18. Arsenault, B.J.; Lamarche, B.; Despres, J.P. Targeting Overconsumption of Sugar-Sweetened Beverages vs. Overall Poor Diet Quality for Cardiometabolic Diseases Risk Prevention: Place Your Bets! *Nutrients*, 2017, 9, doi:10.3390/nu9060600.
19. Kramer, H.; Shoham, D. The Millennial Physician and the Obesity Epidemic: A Tale of Sugar-Sweetened Beverages. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.*, 2019, 14, 4-6, doi:10.2215/cjn.13851118.

20. Lefebvre, C. *Sucre Vérités et conséquences*; Édito, Ed. Québec, 2016.
21. Johnson, R.J.; Segal, M.S.; Sautin, Y.; Nakagawa, T.; Feig, D.I.; Kang, D.H.; Gersch, M.S.; Benner, S.; Sanchez-Lozada, L.G. Potential role of sugar (fructose) in the epidemic of hypertension, obesity and the metabolic syndrome, diabetes, kidney disease, and cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2007, 86, 899-906, doi:10.1093/ajcn/86.4.899.
22. Abbott, E. *Le sucre, une histoire douce-amère*; Fides, Ed. 2008.
23. Plamondon, L.; Paquette, M.C. *La consommation de sucre et la santé: fiche thématique*; Institut national de santé publique du Québec: Montréal, 2017; Récupéré de: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2236_consommation_sucre_sante_0.pdf.
24. Diabetes Canada. Sugar and diabetes. Position statement. Récupéré de: <https://www.diabetes.ca/advocacy---policies/our-policy-positions/sugar---diabetes>.
25. Stanhope, K.L. Sugar consumption, metabolic disease and obesity: The state of the controversy. *Crit. Rev. Clin. Lab. Sci.*, 2016, 53, 52-67, doi:10.3109/10408363.2015.1084990.
26. Kearns, C.E.; Schmidt, L.A.; Glantz, S.A. Sugar Industry and Coronary Heart Disease Research: A Historical Analysis of Internal Industry Documents. *JAMA Intern Med*, 2016, 176, 1680-1685, doi:10.1001/jamainternmed.2016.5394.
27. Gouvernement du Canada. Loi sur les aliments et drogues, Règlement modifiant le Règlement sur les aliments et drogues (étiquetage nutritionnel, autres dispositions d'étiquetage et colorants alimentaires). 2016; Récupéré de: <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2016/2016-12-14/html/sor-dors305-fra.html>.
28. Klurfeld, D.M. What do government agencies consider in the debate over added sugars? *Adv. Nutr.*, 2013, 4, 257-261, doi:10.3945/an.112.003004.
29. Kearns, C.E.; Glantz, S.A.; Apollonio, D.E. In defense of sugar: a critical analysis of rhetorical strategies used in The Sugar Association's award-winning 1976 public relations campaign. *BMC Public Health*, 2019, 19, 1150, doi:10.1186/s12889-019-7401-1.
30. Malhotra, A. The dietary advice on added sugar needs emergency surgery. *BMJ*, 2013, 346, f3199, doi:10.1136/bmj.f3199.
31. Schillinger, D.; Kearns, C. Guidelines to Limit Added Sugar Intake: Junk Science or Junk Food? *Ann. Intern. Med.*, 2017, 166, 305-306, doi:10.7326/m16-2754.
32. Sibbald, B. Sugar industry sour on WHO report. *CMAJ*, 2003, 168, 1585.
33. Agence de la santé publique du Canada. Le diabète au Canada. 2017; Récupéré de: <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/diabete-canada-faits-saillants-systeme-surveillance-maladies-chroniques.html>.
34. Statistique Canada. Embonpoint et obésité chez les adultes (mesures autodéclarées), 2014. 2015; Récupéré de: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-625-x/2015001/article/14185-fra.htm>.
35. Agence de la santé publique du Canada. Les maladies du cœur au Canada : Faits saillants du Système canadien de surveillance des maladies chroniques. 2017; Récupéré de: <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/publications/maladies-et-affections/maladies-coeur-canada-fiche-technique.html>.
36. Tappy, L. What nutritional physiology tells us about diet, sugar and obesity. *Int. J. Obes. (Lond.)*, 2016, 40 Suppl 1, S28-29, doi:10.1038/ijo.2016.11.
37. Khan, T.A.; Sievenpiper, J.L. Controversies about sugars: results from systematic reviews and meta-analyses on obesity, cardiometabolic disease and diabetes. *Eur. J. Nutr.*, 2016, 55, 25-43, doi:10.1007/s00394-016-1345-3.
38. Drewnowski, A. Nutrient density: addressing the challenge of obesity. *Br. J. Nutr.*, 2018, 120, S8-s14, doi:10.1017/s0007114517002240.
39. Johnson, R.K.; Yon, B.A. Weighing in on added sugars and health. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2010, 110, 1296-1299, doi:10.1016/j.jada.2010.06.013.
40. American Heart Association. Added Sugars. 2018; Récupéré de: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/sugar/added-sugars>.
41. World Health Organization. *Guideline: sugars intake for adults and children*; WHO: Geneva, Switzerland, 2015; Récupéré de: <https://www.who.int/publications-detail/9789241549028>.

42. Durette, G.; Paquette, M.C. *Les sucres libres dans notre alimentation : principaux contributeurs et modélisation de l'impact de la réduction des teneurs en sucres libres*; Institut national de santé publique du Québec: 2019; Récupéré de: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2589_sucres_libres_contributeurs_modelisation_reduction.pdf.
43. Swan, G.E.; Powell, N.A.; Knowles, B.L.; Bush, M.T.; Levy, L.B. A definition of free sugars for the UK. *Public Health Nutr.*, 2018, 21, 1636-1638, doi:10.1017/s136898001800085x.
44. Scientific Advisory Committee on Nutrition. *Minutes of the 48th Meeting*; 2016; Récupéré de: <https://app.box.com/s/ivrivaemf7fgeo9a17xdmvy167c4uvteu/file/106585193169>.
45. Amoutzopoulos, B.; Steer, T.; Roberts, C.; Collins, D.; Page, P. Free and Added Sugar Consumption and Adherence to Guidelines: The UK National Diet and Nutrition Survey (2014/15-2015/16). *Nutrients*, 2020, 12, doi:10.3390/nu12020393.
46. Erickson, J.; Slavin, J. Are restrictive guidelines for added sugars science based? *Nutr. J.*, 2015, 14, 124, doi:10.1186/s12937-015-0114-0.
47. Trumbo, P.R. Review of the scientific evidence used for establishing US policies on added sugars. *Nutr. Rev.*, 2019, 10.1093/nutrit/nuz014, doi:10.1093/nutrit/nuz014.
48. Moynihan, P.J.; Kelly, S.A. Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *J. Dent. Res.*, 2014, 93, 8-18, doi:10.1177/0022034513508954.
49. Te Morenga, L.; Mallard, S.; Mann, J. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ*, 2012, 346, e7492, doi:10.1136/bmj.e7492.
50. DeSalvo, K.B.; Olson, R.; Casavale, K.O. Dietary Guidelines for Americans. *JAMA*, 2016, 315, 457-458, doi:10.1001/jama.2015.18396.
51. U.S. Department of Health and Human Services. 2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition. 2015; Récupéré de: <http://health.gov/dietaryguidelines/2015/guidelines/chapter-1/key-recommendations/>.
52. Tedstone, A.; Targett, V.; Allen, R. Sugar reduction: the evidence for action. *Sugar reduction: the evidence for action.*, 2015.
53. Institute of Medicine. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids*; National Academy Press: Washington D.C, 2002; Récupéré de: https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/energy_full_report.pdf.
54. Buyken, A.E.; Mela, D.J.; Dussort, P.; Johnson, I.T.; Macdonald, I.A.; Stowell, J.D.; Brouns, F. Dietary carbohydrates: a review of international recommendations and the methods used to derive them. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2018, 72, 1625-1643, doi:10.1038/s41430-017-0035-4.
55. Rippe, J.M.; Sievenpiper, J.L.; Lê, K.-A.; White, J.S.; Clemens, R.; Angelopoulos, T.J. What is the appropriate upper limit for added sugars consumption? *Nutr. Rev.*, 2017, 75, 18-36, doi:10.1093/nutrit/nuw046.
56. Ministry of Health of Brazil. *Dietary guidelines for the Brazilian population*; Ministry of Health of Brazil: Brasilia, 2014; Récupéré de: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/dietary_guidelines_brazilian_population.pdf.
57. Gouvernement du Canada. Guide alimentaire canadien. Santé Canada: Ottawa, Ontario, 2019.
58. Heart and Stroke Foundation of Canada. Position statement. Sugar, Heart Disease and Stroke. 2014; Récupéré de: <https://www.heartandstroke.ca/heart-and-stroke-position-statements>.
59. U.S. Department of Agriculture. Is the USDA Database for the Added Sugars Content of Selected Foods still available? Récupéré de: <https://www.nal.usda.gov/fnic/usda-database-added-sugars-content-selected-foods-still-available>.
60. Government of Canada. *Reference guide to understanding and using the data: 2015 Canadian Community Health Survey–Nutrition*; Health Canada, : Ottawa, Ontario, 2017; Récupéré de: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-nutrition-surveillance/health-nutrition-surveys/canadian-community-health-survey-cchs/reference-guide-understanding-using-data-2015.html>.

61. Langlois, K.; Garriguet, D.; Gonzalez, A.; Sinclair, S.; Colapinto, C.K. Change in total sugars consumption among Canadian children and adults. *Health Rep.*, 2019, 30, 10-19.
62. Langlois, K.; Garriguet, D. Sugar consumption among Canadians of all ages. *Health Rep.*, 2011, 22, 23-27.
63. Plante, C., Rochette, L., Blanchet, C. *Les apports et les sources alimentaires de sucre, de sodium et de gras saturés chez les Québécois*; Institut national de santé publique du Québec: Québec, 2019; Récupéré de: https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2514_apports_sources_alimentaires_sucree_so_dium_gras_satures.pdf.
64. Wittekind, A.; Walton, J. Worldwide trends in dietary sugars intake. *Nutr. Res. Rev.*, 2014, 27, 330-345, doi:10.1017/s0954422414000237.
65. Health Canada. *Eating Well with Canada's Food Guide*; Health Canada: Ottawa, Ontario, 2007; Récupéré de: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/canada-food-guide/about/history-food-guide/eating-well-with-canada-food-guide-2007.html>.
66. Chatelan, A.; Gaillard, P.; Kruseman, M.; Keller, A. Total, Added, and Free Sugar Consumption and Adherence to Guidelines in Switzerland: Results from the First National Nutrition Survey menuCH. *Nutrients*, 2019, 11, doi:10.3390/nu11051117.
67. Mok, A.; Ahmad, R.; Rangan, A.; Louie, J.C.Y. Intake of free sugars and micronutrient dilution in Australian adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2018, 107, 94-104, doi:10.1093/ajcn/nqx008.
68. Sluik, D.; van Lee, L.; Engelen, A.I.; Feskens, E.J. Total, Free, and Added Sugar Consumption and Adherence to Guidelines: The Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010. *Nutrients*, 2016, 8, 70, doi:10.3390/nu8020070.
69. Kibblewhite, R.; Nettleton, A.; McLean, R.; Haszard, J.; Fleming, E.; Kruimer, D.; Te Morenga, L. Estimating Free and Added Sugar Intakes in New Zealand. *Nutrients*, 2017, 9, doi:10.3390/nu9121292.
70. Ruiz, E.; Rodriguez, P.; Valero, T.; Avila, J.M.; Aranceta-Bartrina, J.; Gil, A.; Gonzalez-Gross, M.; Ortega, R.M.; Serra-Majem, L.; Varela-Moreiras, G. Dietary Intake of Individual (Free and Intrinsic) Sugars and Food Sources in the Spanish Population: Findings from the ANIBES Study. *Nutrients*, 2017, 9, doi:10.3390/nu9030275.
71. Lei, L.; Rangan, A.; Flood, V.M.; Louie, J.C. Dietary intake and food sources of added sugar in the Australian population. *Br. J. Nutr.*, 2016, 115, 868-877, doi:10.1017/s0007114515005255.
72. Gupta, A.; Smithers, L.G.; Braunack-Mayer, A.; Harford, J. How much free sugar do Australians consume? Findings from a national survey. *Aust. N. Z. J. Public Health*, 2018, 42, 533-540, doi:10.1111/1753-6405.12836.
73. Fujiwara, A.; Murakami, K.; Asakura, K.; Uechi, K.; Sugimoto, M.; Wang, H.C.; Masayasu, S.; Sasaki, S. Estimation of Starch and Sugar Intake in a Japanese Population Based on a Newly Developed Food Composition Database. *Nutrients*, 2018, 10, doi:10.3390/nu10101474.
74. Marinho, A.R.; Severo, M.; Correia, D.; Lobato, L.; Vilela, S.; Oliveira, A.; Ramos, E.; Torres, D.; Lopes, C. Total, added and free sugar intakes, dietary sources and determinants of consumption in Portugal: the National Food, Nutrition and Physical Activity Survey (IAN-AF 2015-2016). *Public Health Nutr.*, 2020, 23, 869-881, doi:10.1017/s1368980019002519.
75. Bowman, S.; Clemens, J.; Friday, J.; Lynch, K.; LaComb, R.; Moshfegh, A. Food Patterns Equivalents Intakes by Americans: What We Eat in America, NHANES 2003–2004 and 2015–2016. *Food Surveys Research Group*, 2018.
76. Kaartinen, N.E.; Simila, M.E.; Kanerva, N.; Valsta, L.M.; Harald, K.; Mannisto, S. Naturally occurring and added sugar in relation to macronutrient intake and food consumption: results from a population-based study in adults. *J Nutr Sci*, 2017, 6, e7, doi:10.1017/jns.2017.3.
77. Liu, S.V.; Moore, L.B.; Halliday, T.M.; Jahren, A.H.; Savla, J.; Hedrick, V.E.; Marinik, E.L.; Davy, B.M. Short-term changes in added sugar consumption by adolescents reflected in the carbon isotope ratio of fingerstick blood. *Nutr. Health*, 2018, 10.1177/0260106018799522, 260106018799522, doi:10.1177/0260106018799522.
78. Davy, B.; Jahren, H. New markers of dietary added sugar intake. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2016, 19, 282-288, doi:10.1097/mco.0000000000000287.

79. Yeung, C.H.; Louie, J.C. Methodology for the assessment of added/free sugar intake in epidemiological studies. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2019, 22, 271-277.
80. Amoutzopoulos, B.; Steer, T.; Roberts, C.; Cole, D.; Collins, D.; Yu, D.; Hawes, T.; Abraham, S.; Nicholson, S.; Baker, R., et al. A Disaggregation Methodology to Estimate Intake of Added Sugars and Free Sugars: An Illustration from the UK National Diet and Nutrition Survey. *Nutrients*, 2018, 10, doi:10.3390/nu10091177.
81. Azais-Braesco, V.; Sluik, D.; Maillot, M.; Kok, F.; Moreno, L.A. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutr. J.*, 2017, 16, 6, doi:10.1186/s12937-016-0225-2.
82. Park, S.; Thompson, F.E.; McGuire, L.C.; Pan, L.; Galuska, D.A.; Blanck, H.M. Sociodemographic and Behavioral Factors Associated with Added Sugars Intake among US Adults. *J. Acad. Nutr. Diet.*, 2016, 116, 1589-1598, doi:10.1016/j.jand.2016.04.012.
83. Ng, S.W.; Bricker, G.; Li, K.P.; Yoon, E.F.; Kang, J.; Westrich, B. Estimating added sugars in US consumer packaged goods: An application to beverages in 2007-08. *J. Food Compos. Anal.*, 2015, 43, 7-17, doi:10.1016/j.jfca.2015.04.004.
84. Kelly, S.A.; Summerbell, C.; Rugg-Gunn, A.J.; Adamson, A.; Fletcher, E.; Moynihan, P.J. Comparison of methods to estimate non-milk extrinsic sugars and their application to sugars in the diet of young adolescents. *Br. J. Nutr.*, 2005, 94, 114-124.
85. Wanselius, J.; Axelsson, C.; Moraesus, L.; Berg, C.; Mattisson, I.; Larsson, C. Procedure to Estimate Added and Free Sugars in Food Items from the Swedish Food Composition Database Used in the National Dietary Survey Riksmaten Adolescents 2016-17. *Nutrients*, 2019, 11, doi:10.3390/nu11061342.
86. Rippe, J.M.; Angelopoulos, T.J. Relationship between Added Sugars Consumption and Chronic Disease Risk Factors: Current Understanding. *Nutrients*, 2016, 8, doi:10.3390/nu8110697.
87. Rippe, J.M.; Tappy, L. Sweeteners and health: findings from recent research and their impact on obesity and related metabolic conditions. *Int. J. Obes. (Lond.)*, 2016, 40 Suppl 1, S1-5, doi:10.1038/ijo.2016.7.
88. Wang, F.; Diangelo, C.L.; Marsden, S.L.; Pasut, L.; Kitts, D.; Bellissimo, N. Knowledge of Sugars Consumption and the WHO Sugars Guideline among Canadian Dietitians and Other Health Professionals. *Can. J. Diet. Pract. Res.*, 2020, 10.3148/cjdpr-2020-004, 1-4, doi:10.3148/cjdpr-2020-004.
89. Sonestedt, E.; Overby, N.C.; Laaksonen, D.E.; Birgisdottir, B.E. Does high sugar consumption exacerbate cardiometabolic risk factors and increase the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease? *Food Nutr. Res.*, 2012, 56, doi:10.3402/fnr.v56i0.19104.
90. O'Connor, L.; Imamura, F.; Brage, S.; Griffin, S.J.; Wareham, N.J.; Forouhi, N.G. Intakes and sources of dietary sugars and their association with metabolic and inflammatory markers. *Clin. Nutr.*, 2018, 37, 1313-1322, doi:10.1016/j.clnu.2017.05.030.
91. Te Morenga, L.A.; Howatson, A.J.; Jones, R.M.; Mann, J. Dietary sugars and cardiometabolic risk: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of the effects on blood pressure and lipids. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2014, 100, 65-79, doi:10.3945/ajcn.113.081521.
92. Lustig, R.H. Sickeningly Sweet: Does Sugar Cause Type 2 Diabetes? Yes. *Can J Diabetes*, 2016, 40, 282-286, doi:10.1016/j.jcjd.2016.01.004.
93. Tasevska, N.; Park, Y.; Jiao, L.; Hollenbeck, A.; Subar, A.F.; Potischman, N. Sugars and risk of mortality in the NIH-AARP Diet and Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2014, 99, 1077-1088, doi:10.3945/ajcn.113.069369.
94. Tsilas, C.S.; de Souza, R.J.; Mejia, S.B.; Mirrahimi, A.; Cozma, A.I.; Jayalath, V.H.; Ha, V.; Tawfik, R.; Di Buono, M.; Jenkins, A.L., et al. Relation of total sugars, fructose and sucrose with incident type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *CMAJ*, 2017, 189, E711-e720, doi:10.1503/cmaj.160706.
95. Austin, G.L.; Krueger, P.M. Increasing the percentage of energy from dietary sugar, fats, and alcohol in adults is associated with increased energy intake but has minimal association with biomarkers of cardiovascular risk. *J. Nutr.*, 2013, 143, 1651-1658, doi:10.3945/jn.113.180067.
96. Sievenpiper, J.L. Sickeningly Sweet: Does Sugar Cause Chronic Disease? No. *Can J Diabetes*, 2016, 40, 287-295, doi:10.1016/j.jcjd.2016.05.006.

97. Sievenpiper, J.L. Erratum to 'Sickeningly Sweet: Does Sugar Cause Chronic Disease? No'; (Canadian Journal of Diabetes, Volume 40 [2016] Pages 287-295). *Canadian Journal of Diabetes*, 2016, 40, 603, doi:10.1016/j.jcjd.2016.09.001.
98. Gupta, L.; Khandelwal, D.; Dutta, D.; Kalra, S.; Lal, P.R.; Gupta, Y. The Twin White Herrings: Salt and Sugar. *Indian J. Endocrinol. Metab.*, 2018, 22, 542-551, doi:10.4103/ijem.IJEM_117_18.
99. DiNicolantonio, J.J.; JH, O.K. Added sugars drive coronary heart disease via insulin resistance and hyperinsulinaemia: a new paradigm. *Open Heart*, 2017, 4, e000729, doi:10.1136/openhrt-2017-000729.
100. Fondation des maladies du coeur et de l'AVC du Canada. Réduire le sucre. 2018; Récupéré de: <https://www.coeuretavc.ca/vivez-sainement/saine-alimentation/reduire-le-sucre>.
101. Yang, Q.; Zhang, Z.; Gregg, E.W.; Flanders, W.D.; Merritt, R.; Hu, F.B. Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among US adults. *JAMA Intern Med*, 2014, 174, 516-524, doi:10.1001/jamainternmed.2013.13563.
102. Ahmad, R.; Mok, A.; Rangan, A.M.; Louie, J.C.Y. Association of free sugar intake with blood pressure and obesity measures in Australian adults. *Eur. J. Nutr.*, 2019, 10.1007/s00394-019-01932-7, doi:10.1007/s00394-019-01932-7.
103. Schwingshackl, L.; Schwedhelm, C.; Hoffmann, G.; Lampousi, A.M.; Knuppel, S.; Iqbal, K.; Bechthold, A.; Schlesinger, S.; Boeing, H. Food groups and risk of all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2017, 105, 1462-1473, doi:10.3945/ajcn.117.153148.
104. Hur, Y.I.; Park, H.; Kang, J.H.; Lee, H.A.; Song, H.J.; Lee, H.J.; Kim, O.H. Associations between Sugar Intake from Different Food Sources and Adiposity or Cardio-Metabolic Risk in Childhood and Adolescence: The Korean Child-Adolescent Cohort Study. *Nutrients*, 2015, 8, doi:10.3390/nu8010020.
105. Guyenet, S.J. Impact of Whole, Fresh Fruit Consumption on Energy Intake and Adiposity: A Systematic Review. *Front Nutr*, 2019, 6, 66, doi:10.3389/fnut.2019.00066.
106. Wang, J.; Light, K.; Henderson, M.; O'Loughlin, J.; Mathieu, M.E.; Paradis, G.; Gray-Donald, K. Consumption of added sugars from liquid but not solid sources predicts impaired glucose homeostasis and insulin resistance among youth at risk of obesity. *J. Nutr.*, 2014, 144, 81-86, doi:10.3945/jn.113.182519.
107. Ramne, S.; Alves Dias, J.; González-Padilla, E.; Olsson, K.; Lindahl, B.; Engström, G.; Ericson, U.; Johansson, I.; Sonestedt, E. Association between added sugar intake and mortality is nonlinear and dependent on sugar source in 2 Swedish population-based prospective cohorts. *The American journal of clinical nutrition*, 2019, 109, 411-423.
108. DiMeglio, D.P.; Mattes, R.D. Liquid versus solid carbohydrate: effects on food intake and body weight. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 2000, 24, 794-800, doi:10.1038/sj.ijo.0801229.
109. Hu, F.B. Resolved: there is sufficient scientific evidence that decreasing sugar-sweetened beverage consumption will reduce the prevalence of obesity and obesity-related diseases. *Obes. Rev.*, 2013, 14, 606-619, doi:10.1111/obr.12040.
110. Imamura, F.; O'Connor, L.; Ye, Z.; Mursu, J.; Hayashino, Y.; Bhupathiraju, S.N.; Forouhi, N.G. Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *BMJ*, 2015, 351, h3576, doi:10.1136/bmj.h3576.
111. Drouin-Chartier, J.P.; Zheng, Y.; Li, Y.; Malik, V.; Pan, A.; Bhupathiraju, S.N.; Tobias, D.K.; Manson, J.E.; Willett, W.C.; Hu, F.B. Changes in Consumption of Sugary Beverages and Artificially Sweetened Beverages and Subsequent Risk of Type 2 Diabetes: Results From Three Large Prospective U.S. Cohorts of Women and Men. *Diabetes Care*, 2019, 10.2337/dc19-0734, doi:10.2337/dc19-0734.
112. Bellissimo, N.; Akhavan, T. Effect of Macronutrient Composition on Short-Term Food Intake and Weight Loss. *Adv. Nutr.*, 2015, 6, 302S-308S, doi:10.3945/an.114.006957.
113. Malik, V.S.; Hu, F.B. Sugar-Sweetened Beverages and Cardiometabolic Health: An Update of the Evidence. *Nutrients*, 2019, 11, doi:10.3390/nu11081840.

114. Smith, L.P.; Ng, S.W.; Popkin, B.M. Trends in US home food preparation and consumption: analysis of national nutrition surveys and time use studies from 1965-1966 to 2007-2008. *Nutr. J.*, 2013, 12, 45, doi:10.1186/1475-2891-12-45.
115. Monteiro, C.; Cannon, G.; Levy, R.; Moubarac, J.; Jaime, P.; Martins, A.; Canella, D.; Louzada, M.; Parra, D.; Ricardo, C. NOVA. The star shines bright. [*Food classification.Public health*]. *World Nutr*, 2016, 7, 28-38.
116. Moubarac, J.-C.; Batal, M.; Louzada, M.L.; Martinez Steele, E.; Monteiro, C.A. Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite*, 2017, 108, 512-520, doi:https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.006.
117. Monteiro, C.A.; Levy, R.B.; Claro, R.M.; Castro, I.R.; Cannon, G. A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. *Cad. Saude Publica*, 2010, 26, 2039-2049, doi:10.1590/s0102-311x2010001100005.
118. Zupanic, N.; Hribar, M.; Fidler Mis, N.; Pravst, I. Free Sugar Content in Pre-Packaged Products: Does Voluntary Product Reformulation Work in Practice? *Nutrients*, 2019, 11, doi:10.3390/nu11112577.
119. Brassard, D.; Laramée, C.; Corneau, L.; Begin, C.; Bélanger, M.; Bouchard, L.; Couillard, C.; Desroches, S.; Houle, J.; Langlois, M.F., et al. Poor Adherence to Dietary Guidelines Among French-Speaking Adults in the Province of Quebec, Canada: The PREDISE Study. *Can. J. Cardiol.*, 2018, 34, 1665-1673, doi:10.1016/j.cjca.2018.09.006.
120. World Health Organization. *Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020*; 9241506237; WHO: Geneva, Switzerland, 2013; Récupéré de: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94384/9789241506236_eng.pdf?sequence=1.
121. Prinz, P. The role of dietary sugars in health: molecular composition or just calories? *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2019, 10.1038/s41430-019-0407-z, doi:10.1038/s41430-019-0407-z.
122. Carbonneau, E.; Lamarche, B.; Lafrenière, J.; Robitaille, J.; Provencher, V.; Desroches, S.; Corneau, L.; Lemieux, S. Are French Canadians able to accurately self-rate the quality of their diet? Insights from the PREDISE study. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 2019, 44, 293-300, doi:10.1139/apnm-2018-0293.
123. Lafrenière, J.; Lamarche, B.; Laramée, C.; Robitaille, J.; Lemieux, S. Validation of a newly automated web-based 24-hour dietary recall using fully controlled feeding studies. *BMC Nutrition*, 2017, 3, 34, doi:10.1186/s40795-017-0153-3.
124. Lafrenière, J.; Laramée, C.; Robitaille, J.; Lamarche, B.; Lemieux, S. Assessing the relative validity of a new, web-based, self-administered 24 h dietary recall in a French-Canadian population. *Public Health Nutr.*, 2018, 21, 2744-2752, doi:10.1017/s1368980018001611.
125. Lafrenière, J.; Harrison, S.; Laurin, D.; Brisson, C.; Talbot, D.; Couture, P.; Lemieux, S.; Lamarche, B. Development and validation of a Brief Diet Quality Assessment Tool in the French-speaking adults from Quebec. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, 2019, 16, 61, doi:10.1186/s12966-019-0821-6.
126. Jacques, S.; Lemieux, S.; Lamarche, B.; Laramée, C.; Corneau, L.; Lapointe, A.; Tessier-Grenier, M.; Robitaille, J. Development of a Web-Based 24-h Dietary Recall for a French-Canadian Population. *Nutrients*, 2016, 8, doi:10.3390/nu8110724.
127. United States Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference. Récupéré de: <https://fdc.nal.usda.gov>.
128. Université Laval. Nutrific. Récupéré de: <https://nutrific.fsaa.ulaval.ca>.
129. Chiuve, S.E.; Fung, T.T.; Rimm, E.B.; Hu, F.B.; McCullough, M.L.; Wang, M.; Stampfer, M.J.; Willett, W.C. Alternative dietary indices both strongly predict risk of chronic disease. *J. Nutr.*, 2012, 142, 1009-1018, doi:10.3945/jn.111.157222.
130. Fujiwara, A.; Okada, E.; Okada, C.; Matsumoto, M.; Takimoto, H. Association between free sugars intake and nutrient dilution among Japanese adults: the 2016 National Health and Nutrition Survey, Japan. *Eur. J. Nutr.*, 2020, 10.1007/s00394-020-02213-4, doi:10.1007/s00394-020-02213-4.
131. Canadian Diabetes Association. Sugar and diabetes. Position statement. Récupéré de: <https://www.diabetes.ca/advocacy---policies/our-policy-positions/sugar---diabetes>.
132. Sharma, S.P.; Chung, H.J.; Kim, H.J.; Hong, S.T. Paradoxical Effects of Fruit on Obesity. *Nutrients*, 2016, 8, doi:10.3390/nu8100633.

133. Wong, T.H.T.; Louie, J.C.Y. The direct and indirect associations of usual free sugar intake on BMI z-scores of Australian children and adolescents. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2018, 72, 1058-1060, doi:10.1038/s41430-018-0124-z.
134. Tapsell, L.C.; Neale, E.P.; Satija, A.; Hu, F.B. Foods, Nutrients, and Dietary Patterns: Interconnections and Implications for Dietary Guidelines. *Adv. Nutr.*, 2016, 7, 445-454, doi:10.3945/an.115.011718.
135. Barclay, A.W.; Brand-Miller, J. The Australian paradox: a substantial decline in sugars intake over the same timeframe that overweight and obesity have increased. *Nutrients*, 2011, 3, 491-504, doi:10.3390/nu3040491.
136. Kim, Y.; Keogh, J.B.; Clifton, P.M. Non-nutritive Sweeteners and Glycaemic Control. *Curr Atheroscler Rep*, 2019, 21, 49, doi:10.1007/s11883-019-0814-6.
137. Lee, A.; Chowdhury, R.; Welsh, J. Sugars and adiposity: the long-term effects of consuming added and naturally occurring sugars in foods and in beverages. *Obesity science & practice*, 2015, 1, 41-49.
138. Gonzalez-Padilla, E.; J, A.D.; Ramne, S.; Olsson, K.; Nalsen, C.; Sonestedt, E. Association between added sugar intake and micronutrient dilution: a cross-sectional study in two adult Swedish populations. *Nutr. Metab. (Lond.)*, 2020, 17, 15, doi:10.1186/s12986-020-0428-6.
139. Bernstein, J.T.; L'Abbe, M.R. Added sugars on nutrition labels: a way to support population health in Canada. *CMAJ*, 2016, 188, E373-e374, doi:10.1503/cmaj.151081.
140. Gouvernement du Canada. Sucres. 2018; Récupéré de: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/nutriments/sucres.html>.
141. Vanderlee, L.; White, C.M.; Bordes, I.; Hobin, E.P.; Hammond, D. The efficacy of sugar labeling formats: Implications for labeling policy. *Obesity*, 2015, 23, 2406-2413, doi:10.1002/oby.21316.
142. Laquatra, I.; Sollid, K.; Smith Edge, M.; Pelzel, J.; Turner, J. Including "Added Sugars" on the Nutrition Facts Panel: How Consumers Perceive the Proposed Change. *J. Acad. Nutr. Diet.*, 2015, 115, 1758-1763, doi:10.1016/j.jand.2015.04.017.
143. Khandpur, N.; Graham, D.J.; Roberto, C.A. Simplifying mental math: Changing how added sugars are displayed on the nutrition facts label can improve consumer understanding. *Appetite*, 2017, 114, 38-46, doi:10.1016/j.appet.2017.03.015.
144. Peters, S.A.E.; Dunford, E.; Jones, A.; Ni Mhurchu, C.; Crino, M.; Taylor, F.; Woodward, M.; Neal, B. Incorporating Added Sugar Improves the Performance of the Health Star Rating Front-of-Pack Labelling System in Australia. *Nutrients*, 2017, 9, doi:10.3390/nu9070701.
145. Bernstein, J.T.; Labonte, M.E.; Franco-Arellano, B.; Schermel, A.; L'Abbe, M.R. A free sugars daily value (DV) identifies more "less healthy" prepackaged foods and beverages than a total sugars DV. *Prev. Med.*, 2018, 109, 98-105, doi:10.1016/j.ypmed.2017.12.031.
146. Lehmann, U.; Charles, V.R.; Vlassopoulos, A.; Masset, G.; Spieldenner, J. Nutrient profiling for product reformulation: public health impact and benefits for the consumer. *Proc. Nutr. Soc.*, 2017, 76, 255-264, doi:10.1017/s0029665117000301.
147. Ma, Y.; He, F.J.; Yin, Y.; Hashem, K.M.; MacGregor, G.A. Gradual reduction of sugar in soft drinks without substitution as a strategy to reduce overweight, obesity, and type 2 diabetes: a modelling study. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2016, 4, 105-114, doi:10.1016/s2213-8587(15)00477-5.
148. Leroy, P.; Requillart, V.; Soler, L.G.; Enderli, G. An assessment of the potential health impacts of food reformulation. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2016, 70, 694-699, doi:10.1038/ejcn.2015.201.
149. Vlassopoulos, A.; Masset, G.; Charles, V.R.; Hoover, C.; Chesneau-Guillemont, C.; Leroy, F.; Lehmann, U.; Spieldenner, J.; Tee, E.S.; Gibney, M., et al. A nutrient profiling system for the (re)formulation of a global food and beverage portfolio. *Eur. J. Nutr.*, 2017, 56, 1105-1122, doi:10.1007/s00394-016-1161-9.
150. Wise, P.M.; Nattress, L.; Flammer, L.J.; Beauchamp, G.K. Reduced dietary intake of simple sugars alters perceived sweet taste intensity but not perceived pleasantness. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2016, 103, 50-60, doi:10.3945/ajcn.115.112300.
151. Teng, A.M.; Jones, A.C.; Mizdrak, A.; Signal, L.; Genc, M.; Wilson, N. Impact of sugar-sweetened beverage taxes on purchases and dietary intake: Systematic review and meta-analysis. *Obes. Rev.*, 2019, 20, 1187-1204, doi:10.1111/obr.12868.

152. World Health Organization. *Fiscal policies for diet and prevention of noncommunicable diseases.*; WHO: Geneva, Switzerland, 2016; Récupéré de: <http://www.who.int/iris/handle/10665/250131>.
153. Afshin, A.; Penalvo, J.L.; Del Gobbo, L.; Silva, J.; Michaelson, M.; O'Flaherty, M.; Capewell, S.; Spiegelman, D.; Danaei, G.; Mozaffarian, D. The prospective impact of food pricing on improving dietary consumption: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 2017, 12, e0172277, doi:10.1371/journal.pone.0172277.
154. Taillie, L.S.; Reyes, M.; Colchero, M.A.; Popkin, B.; Corvalan, C. An evaluation of Chile's Law of Food Labeling and Advertising on sugar-sweetened beverage purchases from 2015 to 2017: A before-and-after study. *PLoS Med.*, 2020, 17, e1003015, doi:10.1371/journal.pmed.1003015.
155. Khan, T.A.; Tayyiba, M.; Agarwal, A.; Mejia, S.B.; de Souza, R.J.; Wolever, T.M.S.; Leiter, L.A.; Kendall, C.W.C.; Jenkins, D.J.A.; Sievenpiper, J.L. Relation of Total Sugars, Sucrose, Fructose, and Added Sugars With the Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Dose-Response Meta-analysis of Prospective Cohort Studies. *Mayo Clin. Proc.*, 2019, 94, 2399-2414, doi:10.1016/j.mayocp.2019.05.034.