



Validation d'un rappel de 24 heures web dans une population de femmes enceintes

Mémoire

Claudia Savard

Maîtrise en nutrition

Maître ès sciences (M.Sc.)

Québec, Canada

© Claudia Savard, 2018

Validation d'un rappel de 24 heures web dans une population de femmes enceintes

Mémoire

Claudia Savard

Sous la direction de

Anne-Sophie Morisset, directrice de recherche
Simone Lemieux, co-directrice de recherche

Résumé

La grossesse est depuis longtemps reconnue comme étant déterminante de la santé future de la mère et de l'enfant. Durant cette période, la qualité de l'alimentation de la mère peut jouer un rôle important dans le déroulement de la grossesse. D'ailleurs, durant cette période, des apports alimentaires jugés inadéquats ont souvent été associés à un risque élevé de développer certaines complications, telles que le diabète gestationnel. L'étude des associations existant entre l'alimentation et des variables de la santé peut cependant être affectée par une évaluation imprécise des apports alimentaires réels des femmes enceintes. Le rappel de 24 heures administré à de multiples reprises a le potentiel d'évaluer de façon précise l'alimentation des femmes enceintes, mais sa version traditionnelle est souvent critiquée en raison du temps qu'elle nécessite ainsi que des nombreux biais induits par la présence d'un interviewer. Pour pallier ce problème, de nouvelles méthodes d'évaluation alimentaire standardisées et complètement automatisées ont été développées. Ces dernières se sont avérées valides dans la population générale, cependant, la précision de ces outils n'a été étudiée que très rarement auprès des femmes enceintes. Le présent mémoire évalue la validité du R24W, un outil Web de rappel de 24 heures, au sein d'une population de femmes enceintes. Éventuellement, cette validation permettra l'utilisation de cet outil dans le cadre d'études épidémiologiques durant la grossesse ainsi que dans la prise en charge nutritionnelle des femmes enceintes.

Abstract

Pregnancy has long been recognized as a determinant of the mother's and infant's future health. Among other factors, the mother's diet is known to have a great impact on many pregnancy-related outcomes. In fact, inadequate dietary intakes have often been associated with a high risk of developing adverse pregnancy outcomes, such as gestational diabetes. The evaluation of potential associations between diet and health variables may, however, be affected by an imprecise assessment of pregnant women's actual dietary intakes. Multiple administrations of a 24-hour dietary recall have the potential to accurately assess the diet of pregnant women, but its traditional version is often criticized for the time it requires and the many biases induced by the presence of an interviewer. To overcome this problem, new standardized and fully automated food assessment methods have been developed. These were recognised as valid in the general population, however, their precision during pregnancy has not yet been fully assessed. This thesis assesses the validity of the R24W, a Web-based 24-hour dietary recall, among pregnant women. Eventually, this validation will allow to use this dietary assessment tool in future epidemiological studies as well as for the nutritional management of pregnant women in a clinical context.

Table des matières

RÉSUMÉ	III
ABSTRACT	IV
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SIGLES	VII
AVANT-PROPOS	VIII
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : PROBLÉMATIQUE	2
1. ALIMENTATION DURANT LA GROSSESSE	2
1.1. <i>Besoins nutritionnels des femmes enceintes</i>	2
1.2. <i>Facteurs influençant l'alimentation des femmes enceintes</i>	5
1.3. <i>Associations entre l'alimentation et les complications de la grossesse : un bref aperçu</i>	8
2. ESTIMATION DES APPORTS ALIMENTAIRES DES FEMMES ENCEINTES	11
2.1. <i>Description des outils d'évaluation alimentaire pour la population générale</i>	12
2.1.1. Biomarqueurs	12
2.1.2. Questionnaire de fréquence alimentaire	13
2.1.3. Journal alimentaire	14
2.1.4. Rappel alimentaire de 24 heures	16
2.2. <i>Avantages et inconvénients des différentes méthodes d'évaluation alimentaire</i>	17
2.3. <i>Évaluation des apports alimentaires durant la grossesse</i>	19
3. NOUVELLES TECHNOLOGIES DANS LE DOMAINE DE L'ÉVALUATION ALIMENTAIRE	20
3.1. <i>Description générale des outils Web d'évaluation alimentaire</i>	21
3.2. <i>Avantages des outils Web d'évaluation alimentaire</i>	23
4. VALIDATION D'OUTILS D'ÉVALUATION ALIMENTAIRE.....	25
4.1. <i>Importance de la validation d'outils d'évaluation alimentaire</i>	25
4.2. <i>Méthodes de validation d'outils d'évaluation alimentaire</i>	27
4.2.1. Observation directe	27
4.2.2. Méthodes de référence	28
4.3. <i>Description des types de validité</i>	30
4.3.1. Validité individuelle.....	30
4.3.2. Validité de groupe.....	30
CHAPITRE II : OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	34
CHAPITRE III : VALIDATION D'UN RAPPEL DE 24 HEURES WEB DANS UNE POPULATION DE FEMMES ENCEINTES	35
RÉSUMÉ.....	36
ABSTRACT.....	38
CONCLUSION	73
BIBLIOGRAPHIE DU CHAPITRE I ET DE LA CONCLUSION	78

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1 : Résumé des principales recommandations nutritionnelles pour toutes les femmes enceintes (grossesses à fœtus unique)

Tableau 2 : Recommandations de gain de poids gestationnel pour une grossesse à fœtus unique.

Tableau 3 : Forces et limites des principaux outils d'évaluation alimentaire traditionnels

Tableau 4 : Énumération et description des étapes de l'Automated Multiple-Pass Method

Tableau 5 : Résumé des analyses statistiques et de leur interprétation dans la validation d'outils d'évaluation alimentaire

Chapitre III

Tableau 1 : Participants' characteristics (N=60)

Tableau 2 : Completion statistics of the R24W

Tableau 3 : Differences between mean dietary intakes reported by the R24W and the FR in the 2nd trimester

Tableau 4 : Cross-classification of intakes by quartiles and weighted kappa coefficient in the 2nd trimester

Tableau 5 : Seven criteria validity analysis of the R24W in the 2nd trimester

Tableau supplémentaire 1 : Differences between mean dietary intakes reported by the R24W and the FR in the 1st and 3rd trimesters.

Tableau supplémentaire 2 : Cross-classification of intakes by quartiles and weighted kappa coefficient in the 1st and 3rd trimesters

Tableau supplémentaire 3 : Seven criteria validity analysis of the R24W in the 1st and 3rd trimesters

Liste des abréviations et des sigles

Abréviations françaises

ANR : Apport nutritionnel recommandé

BÉE : Besoins énergétiques estimés

BME : Besoin moyen estimatif

DÉT : Dépense énergétique totale

DG : Diabète gestationnel

GPG : Gain de poids gestationnel

IMC : Indice de masse corporelle

JA : Journal alimentaire

MSEAAO : Méthode standardisée d'entrevue alimentaire assistée par ordinateur

QFA : Questionnaire de fréquence alimentaire

R24H : Rappel alimentaire de 24 heures

R24HW : Rappel alimentaire de 24 heures Web

Abréviations anglaises

AMPM: Automated Multiple-Pass Method

ASA24: Automated Self-Administered Recall System

BMI: Body mass index

FFQ: Food frequency questionnaire

FR: Food record

IOM : Institute of Medicine

SFA: Saturated fatty acids

% carbohydrates: Percentage of total energy from carbohydrates

% fat: Percentage of total energy from fat

% proteins: Percentage of total energy from proteins

24HR: 24-hour recall

Avant-propos

Même si son nombre de pages semble indiquer le contraire, ce mémoire n'est qu'un bref résumé des travaux réalisés durant ma maîtrise. En fait, mes études supérieures ont débuté par la mise en place du projet ANGE (*Apports Nutritionnels durant la Grossesse*), dont fait partie mon projet de maîtrise. Ma participation active à, entre autres, la rédaction du protocole, l'analyse des données, et la gestion des visites m'a permis d'acquérir des aptitudes essentielles à la recherche. Ce projet m'a finalement menée à la rédaction d'un article, en tant que première auteure, soumis en octobre 2017 à la revue *BMC Pregnancy and Childbirth*. Je remercie les co-auteurs de cet article, Simone Lemieux, Jacynthe Lafrenière, Catherine Laramée, Julie Robitaille et Anne-Sophie Morisset, pour leur précieuse collaboration. Je souhaite aussi remercier Simone Lemieux, Julie Robitaille, Benoît Lamarche, Louise Corneau, Catherine Laramée ainsi que Simon Jacques pour le développement de la plateforme R24W, sans quoi ce projet de maîtrise n'existerait tout simplement pas.

Je tiens à remercier la Dre Anne-Sophie Morisset, qui a supervisé l'ensemble de mes travaux de maîtrise. Je ne serais pas ici aujourd'hui si ce n'était de son appui, son écoute, sa confiance et son optimisme. Merci de m'avoir transmis ta passion pour la recherche et de m'avoir montré que le travail et la persévérance sont toujours un gage de réussite. Je n'aurais jamais pu espérer avoir un meilleur modèle que toi pour m'accompagner durant ma maîtrise. Je remercie également ma co-directrice, Dre Simone Lemieux, pour son encadrement, son jugement critique ainsi que ses précieux conseils.

Je désire aussi souligner l'aide précieuse de Sarah Chouinard-Castonguay et Anne-Sophie Plante, sans qui la réalisation du projet ANGE n'aurait jamais été possible. Votre travail

acharné, votre soutien, votre bonne humeur et votre patience m'auront permis de me dépasser autant sur le plan académique que personnel. Je dois également mentionner Marjorie Labrecque, Joséane Gilbert-Moreau et Marie-Savane Goyette, les auxiliaires de recherche qui ont grandement contribué à la réalisation de mon projet de maîtrise.

J'aimerais remercier mes collègues et amis nutritionnistes et/ou étudiants à la maîtrise, qui m'ont soutenue et m'ont permis de traverser les deux dernières années dans le rire et la caféine. Un merci spécial à mes amis à l'extérieur du monde mythique de la nutrition, pour leur appui sans faille et pour me rappeler qu'il existe bel et bien une vie au-delà de PubMed et des analyses statistiques.

Finalement, il m'est impossible de passer sous silence le soutien inconditionnel et la patience de mes merveilleux parents, qui, même à 900 km de distance, ont su m'appuyer et me conseiller dans les moments les plus difficiles. Je ne trouverai jamais de mots assez forts pour exprimer toute ma gratitude, alors vous devrez vous contenter d'un simple « merci ».

Introduction

La grossesse est une période déterminante durant laquelle l'alimentation de la femme enceinte doit à la fois subvenir à ses besoins physiologiques en plus de fournir les nutriments nécessaires au développement du fœtus. Cependant, l'évaluation des apports alimentaires durant la grossesse peut être compliquée par les interactions et l'influence de plusieurs facteurs bio-psycho-sociaux reliés à la grossesse. Ainsi, l'introduction de ce mémoire discutera des particularités reliées à l'alimentation durant la grossesse et traitera brièvement des associations entre la nutrition et certaines variables de la santé périnatale, dans le but de mieux comprendre l'importance d'une évaluation complète et valide des apports alimentaires des femmes enceintes. Finalement, un résumé des différents outils d'évaluation alimentaire et des différentes méthodes de validation sera présenté.

Chapitre 1 : Problématique

1. Alimentation durant la grossesse

1.1. Besoins nutritionnels des femmes enceintes

Dès les premières semaines de grossesse, le corps de la femme enceinte se prépare physiologiquement et anatomiquement à la demande métabolique liée au développement du fœtus [1, 2]. Les hormones sécrétées durant la grossesse entraînent ainsi une réorganisation des fonctions cardiovasculaire, respiratoire, rénale, immunitaire et neurologique ce qui, au final, permet au corps de la mère de changer et de s'adapter [3]. La modification corporelle la plus apparente associée à la grossesse est bien sûr le gain de poids, occasionné entre autres par l'augmentation du volume sanguin, des liquides extracellulaires, des réserves adipeuses, ainsi que par un gain de poids de l'utérus, du placenta et du bébé [3]. La formation de nouveaux tissus et l'accumulation de réserves adipeuses nécessaires au développement du bébé et au maintien des fonctions métaboliques entraînent alors une augmentation des besoins en énergie et en nutriments chez la mère [4, 5].

Toutefois, selon les observations sur lesquelles se basent les recommandations établies, l'élévation du métabolisme basal, le développement du fœtus, la croissance des tissus maternels et du placenta ainsi que l'augmentation du volume sanguin ne sont pas suffisamment importants pour justifier une augmentation des besoins énergétiques avant la 10^e semaine de grossesse [6]. C'est pourquoi il est recommandé aux femmes enceintes d'augmenter leurs apports alimentaires seulement à partir du 2^e trimestre de grossesse [7].

Les recommandations nutritionnelles de Santé Canada pour les femmes enceintes sont présentées en détails dans le **Tableau 1**.

Plus précisément, les apports énergétiques quotidiens devraient être augmentés de 340 kcal et 452 kcal aux 2^e et 3^e trimestres de grossesse, respectivement, par rapport aux besoins énergétiques estimés (BÉE) de base [5, 7]. Ce surplus énergétique devrait, en théorie, combler les besoins nutritionnels également augmentés en protéines, acides gras essentiels, fibres alimentaires, acide folique, fer, vitamine D, calcium, vitamine B₁₂ et en vitamine C [7]. Cependant, l'alimentation à elle seule est souvent insuffisante pour combler les besoins élevés de certains micronutriments essentiels à la santé de la mère et au développement du fœtus [8]. Pour cette raison, Santé Canada recommande aux femmes enceintes de prendre chaque jour une multivitamine qui contient 400µg d'acide folique et entre 16 et 20mg de fer [9]. Par ailleurs, la prise alimentaire et la qualité de l'alimentation des femmes enceintes peuvent être influencées par de nombreux facteurs bio-psycho-sociaux, augmentant ainsi la variabilité de leurs apports alimentaires et du même coup, la détection d'excès et de carences en certains nutriments.

Tableau 1. Résumé des principales recommandations nutritionnelles pour toutes les femmes enceintes (grossesses à fœtus unique)

Éléments nutritionnels	Recommandations
Énergie	1 ^{er} trimestre : BÉE + 0 kcal 2 ^e trimestre : BÉE + 340 kcal 3 ^e trimestre : BÉE + 452 kcal
Protéines	0 – 20 semaines de grossesse : 1,1 g/kg poids corporel ≥ 20 semaines de grossesse : 1,1 g/kg poids corporel + 25 g
Acides gras essentiels	150 g de poisson/semaine
Fibres alimentaires	28 g/jour
Folates	600 µg/jour
Fer	27 mg/jour
Vitamine D	600 UI/jour
Calcium	< 18 ans : 1300 mg ≥ 19 ans : 1000 mg
Vitamine B₁₂	2,6 µg/jour
Vitamine C	< 18 ans : 80 mg ≥ 19 ans : 85 mg
Besoins hydriques	3 L/jour

Tiré et adapté de Morisset AS. et Robitaille J. (2015) [10]

1.2. Facteurs influençant l'alimentation des femmes enceintes

Tel que mentionné précédemment, la grossesse est une période durant laquelle le corps de la femme enceinte doit répondre à une grande demande physiologique engendrée par le développement du fœtus. Conséquemment, cette demande physiologique et énergétique plus élevée doit alors être comblée, entre autres, par de plus grands apports alimentaires. Toutefois, des besoins énergétiques plus élevés ne mènent pas automatiquement à une prise alimentaire plus importante. En effet, une récente revue de littérature a observé que malgré un gain de poids marqué, les apports énergétiques des femmes augmentaient peu ou pas durant la grossesse [11]. Il est alors possible que des facteurs influencent l'alimentation des femmes enceintes et interagissent avec les mécanismes régulant la faim et l'appétit durant la grossesse. La section qui suit décrira de façon non exhaustive quelques-uns de ces facteurs ainsi que leurs impacts potentiels sur l'alimentation des femmes enceintes.

Tout d'abord, les mécanismes neurologiques et hormonaux régulant la faim et l'appétit de la femme enceinte sont modulés, dès le premier trimestre, afin d'entraîner un bilan énergétique positif permettant l'accumulation de réserves adipeuses et le transfert de nutriments au fœtus [12, 13]. Par contre, malgré cette faim physiologique plus prononcée dès les premières semaines de grossesse, plusieurs femmes enceintes sont aux prises avec des épisodes de nausées et de vomissements qui peuvent affecter leur appétit et conséquemment, leur prise alimentaire [14, 15]. L'étiologie de ces symptômes et leur impact réel sur la prise alimentaire ne sont pas encore bien connus, car des diminutions, tout comme des augmentations d'apports en certains nutriments ont été observées chez des femmes enceintes rapportant des nausées et des vomissements [16-18]. Selon plusieurs études, ces variations dans les apports alimentaires pourraient être reliées au développement d'aversion et de fringales alimentaires

durant les premier et deuxième trimestres de grossesse [19-23]. Il a en effet été observé que la grossesse était souvent associée, d'une part, à un dégoût envers certains groupes d'aliments (viandes, volailles, poissons, œufs et boissons caféinées) et d'autre part, à des envies intenses pour d'autres aliments (produits laitiers, féculents, fruits et légumes, aliments de type « fast-food », chocolat, etc.) [24-26]. Bien que ces fringales et aversions alimentaires s'estompent généralement au cours du deuxième trimestre, elles pourraient tout de même avoir un impact considérable sur la qualité nutritionnelle et la quantité d'aliments consommés par les femmes enceintes [24, 27-29]. D'autres symptômes d'origine gastro-intestinale ont été observés durant la grossesse, mais, bien qu'ils aient été associés à des variations dans les apports alimentaires, ceux-ci ne seront pas discutés de façon approfondie dans le cadre de ce présent mémoire [30-33].

De plus, parallèlement aux facteurs physiologiques, les comportements alimentaires, la qualité de la motivation à adopter de saines habitudes de vie ainsi que l'estime personnelle de la femme enceinte pourraient aussi avoir un impact sur les apports alimentaires et le gain de poids de la femme enceinte [34-36]. Il a entre autres été démontré qu'une plus grande insatisfaction par rapport à l'image corporelle, un problème de plus en plus présent chez les femmes enceintes, était associée à des restrictions alimentaires, dans le but de ralentir ou de contrôler le gain de poids [37]. Par ailleurs, une récente revue de la littérature a observé que les femmes rapportant une insatisfaction par rapport à leur image corporelle présentaient un gain de poids gestationnel (GPG) total plus important que celles ne rapportant pas une telle insatisfaction [38]. Les auteurs de cette revue suggèrent en fait qu'il existe des interactions multidirectionnelles entre le gain de poids gestationnel, l'insatisfaction corporelle et les symptômes dépressifs [39]. Ainsi, les symptômes dépressifs seraient influencés, et

influenceraient à leur tour, l'insatisfaction corporelle durant la grossesse, ce qui pourrait diminuer la volonté de certaines femmes à adopter de saines habitudes de vie permettant de prévenir le GPG excessif [39-41]. Les variables comportementales et psychologiques devraient donc être prises en considération lors de l'évaluation et de l'analyse des apports alimentaires des femmes enceintes. Cependant, bien que ces facteurs soient nombreux et que leur impact potentiel sur l'alimentation et la santé durant la grossesse soit important, le présent mémoire ne s'attardera pas davantage à leur évaluation.

Ensuite, le contexte socio-économique et démographique des femmes enceintes a souvent été associé à la qualité nutritionnelle de leur alimentation. D'une part, il a été observé à maintes reprises que la prise d'une multivitamine prénatale, est plus répandue chez les femmes éduquées, plus âgées, en couple et bénéficiant d'un revenu familial annuel plus élevé [42-46]. D'autre part, la localisation intra-urbaine peut aussi être déterminante d'une alimentation de plus haute qualité nutritionnelle. En effet, une plus grande proximité (< 6,5 kilomètres) des épiceries et supermarchés serait associée à une alimentation de meilleure qualité, tandis que la proximité (< 500 mètres) des restaurants de type « fast-food » serait reliée à une qualité nutritionnelle moindre chez les femmes enceintes [47, 48]. L'évaluation des nombreuses variables socio-économiques et de leurs interactions avec l'alimentation représente certainement un aspect important de l'épidémiologie nutritionnelle durant la grossesse, mais cela ne fait pas partie de l'objectif de ce mémoire.

En somme, plusieurs particularités bio-psycho-sociales sont associées à la grossesse et pourraient, en plus d'avoir un impact sur la prise alimentaire totale et la qualité globale de l'alimentation, interagir entre elles et ainsi influencer la santé des femmes enceintes.

1.3. Associations entre l'alimentation et les complications de la grossesse : un bref aperçu

Il est bien connu qu'une alimentation inadéquate durant la grossesse peut mener à des excès ou à des carences en certains nutriments essentiels à la santé de la mère et au développement du fœtus [49, 50]. D'ailleurs, la prise quotidienne d'une multivitamine contenant au moins 400µg d'acide folique et entre 16 et 20mg de fer, recommandée par Santé Canada, est justifiée par les risques pour la santé que poserait une carence en ces deux nutriments durant la grossesse [9]. Il est en effet bien connu qu'une carence en acide folique avant et durant la grossesse est associée à un plus grand risque d'anomalies du tube neural chez le fœtus, tandis qu'un statut nutritionnel inadéquat en fer peut mener à une anémie chez la mère [51, 52].

De plus, le statut en vitamine D fait maintenant l'objet de plusieurs études auprès des femmes enceintes [53-56]. La vitamine D est d'abord essentielle pour maintenir l'intégrité osseuse des femmes enceintes durant leur grossesse et du même coup, assurer le développement du squelette du fœtus [57]. Toutefois, tel qu'observé dans la population générale, des statuts nutritionnels inadéquats en vitamine D seraient de plus en plus communs durant la grossesse, et auraient récemment été associés à des risques plus élevés de diabète gestationnel (DG) [58, 59]. Il s'est donc développé un intérêt grandissant dans la littérature concernant, d'une part, les apports alimentaires en vitamine D des femmes enceintes et, d'autre part, la prise d'un supplément de vitamine D et son impact sur différentes issues de grossesse [53-55]. Les associations entre le statut nutritionnel en vitamine D et la santé durant la grossesse sont étudiées en mesurant les concentrations sanguines du principal métabolite de la vitamine D, la 25(OH)D. L'analyse des études publiées à ce sujet est cependant compliquée par la

variabilité, dans un premier temps, des méthodes de mesure de la 25(OH)D utilisées et, dans un deuxième temps, du moment, durant la grossesse, auquel la concentration de 25(OH)D est mesurée. Cette importante disparité dans l'évaluation du statut nutritionnel en vitamine D durant la grossesse a d'ailleurs fait l'objet d'une revue de littérature rédigée dans le cadre de ma maîtrise [60].

Parallèlement aux nutriments spécifiques pouvant avoir un impact considérable sur les issues de grossesse, la qualité globale de l'alimentation des femmes enceintes devrait aussi être évaluée [49]. En effet, il semblerait que des apports plus élevés en lipides et plus faibles en glucides soient associés à un risque plus élevé de DG [61]. Une méta-analyse récente a d'ailleurs rapporté qu'une alimentation riche en fruits, légumes, grains entiers et en poissons combinée à une consommation faible de viandes rouges, de charcuteries et de produits laitiers riches en gras serait associée à un risque plus faible de DG [62]. De plus, il a été démontré qu'une qualité nutritionnelle moindre était associée à une adiposité plus importante du nouveau-né ainsi qu'à un poids plus élevé à la naissance [63, 64]. À la lumière de ces observations, il serait alors préférable de considérer l'alimentation des femmes enceintes comme un ensemble, en plus de surveiller les apports alimentaires en certains nutriments spécifiques, tels que l'acide folique, le fer et la vitamine D.

De plus, tel que mentionné précédemment, un bilan énergétique positif chez les femmes enceintes, tout comme dans la population générale, est associée à un gain de poids [65]. Bien qu'il soit nécessaire pour les femmes enceintes d'augmenter leur prise alimentaire pour combler leurs besoins nutritionnels, des apports énergétiques excédant les recommandations nutritionnelles seraient associés à un GPG excessif, lui-même relié à un plus grand risque de DG, de prééclampsie, et d'un accouchement d'un bébé de poids élevé pour l'âge gestationnel

[66-70]. Les recommandations de GPG de l'Institute of Medicine (IOM) sont présentées dans le **Tableau 2**. Il a récemment été suggéré que la proportion d'énergie provenant des protéines, lipides et glucides pourrait également avoir un impact sur le GPG, mais cette hypothèse n'a pas été suffisamment investiguée dans la littérature pour entraîner une révision des recommandations [71].

En somme, les associations qui existent entre l'alimentation et la santé des femmes enceintes justifient l'importance d'une évaluation précise des apports alimentaires ainsi que des différents facteurs bio-psycho-sociaux pouvant les influencer. En fait, une estimation représentative des apports nutritionnels des femmes enceintes est d'une part, essentielle à l'analyse de la qualité de l'alimentation durant la grossesse et d'autre part, nécessaire à la réussite d'une intervention nutritionnelle [72]. Il est d'ailleurs reconnu que les interventions nutritionnelles seraient parmi les plus efficaces pour contrôler le gain de poids gestationnel et pour diminuer le risque, entre autres, de prééclampsie [73].

Tableau 2. Recommandations de gain de poids gestationnel pour une grossesse à fœtus unique.

IMC pré-grossesse	Gain de poids total	
	Étendue recommandée en kg	Étendue recommandée en lb
Maigreur <18,5 kg/m ²	12,5-18	28-40
Poids normal 18,5-24,9 kg/m ²	11,5-16	25-35
Embonpoint 25,0-29,9 kg/m ²	7-11,5	15-25
Obésité ≥ 30 kg/m ²	5-9	11-20

Tiré et adapté de Morisset AS. et Robitaille J. (2015) [10]

2. Estimation des apports alimentaires des femmes enceintes

Une alimentation complète et adéquate est essentielle pour le bon déroulement de la grossesse ainsi que pour la santé de la mère et celle de son enfant [74, 75]. Ainsi, les apports alimentaires des femmes enceintes devraient être surveillés dans le but de déceler des apports insuffisants ou excessifs pouvant mener à des carences ou à des symptômes de toxicité [76, 77]. Il est toutefois complexe, même au sein de la population générale, d'obtenir un estimé représentatif des apports alimentaires usuels, puisque la quantité et le type d'aliments consommés varient beaucoup d'un individu à l'autre et d'une journée à l'autre [78]. Tel que mentionné précédemment, la variabilité des apports alimentaires des femmes enceintes serait peut-être encore plus importante en raison de l'impact potentiel de plusieurs facteurs bio-psycho-sociaux.

De plus, l'évaluation des apports nutritionnels d'une population repose très souvent sur des données alimentaires subjectives, c'est-à-dire rapportées par l'individu lui-même, compliquant ainsi l'estimation des apports alimentaires réels. Cependant, des mesures plus objectives, soit l'analyse de biomarqueurs sanguins, sont utilisées pour évaluer le statut nutritionnel d'une population. La section qui suit décrira, dans un premier temps, les méthodes d'évaluation alimentaire les plus utilisées dans la population générale et présentera, dans un deuxième temps, les forces et limites de chaque méthode.

2.1. Description des outils d'évaluation alimentaire pour la population générale

2.1.1. Biomarqueurs

Les marqueurs biochimiques (biomarqueurs) sont, pour la plupart, des composants des fluides (ex : urine, plasma et sérum) et tissus corporels (ex : tissu adipeux et ongles) et sont directement reliés aux apports alimentaires d'un ou plusieurs composants alimentaires [79]. Les biomarqueurs utilisés en épidémiologie nutritionnelle peuvent être séparés en deux catégories, soit les biomarqueurs de récupération (ex : azote urinaire) et les biomarqueurs de concentration (ex : concentration plasmatique de vitamine D) [79]. En fait, les plus utilisés sont la méthode de l'eau doublement marquée, permettant d'estimer la dépense énergétique totale (DET), les concentrations urinaires d'azote, de potassium et de sodium ainsi que les concentrations plasmatiques de folate et de caroténoïdes [79, 80]. Ainsi, l'analyse des biomarqueurs sert à estimer la disponibilité d'un nutriment spécifique pour l'organisme, dans le but de définir le statut nutritionnel (ex : déficience, adéquation, ou excès) d'un individu ou d'une population [81].

Néanmoins, l'analyse des biomarqueurs représente une méthode de mesure objective des apports nutritionnels, puisqu'elle ne requiert pas d'un individu qu'il rapporte lui-même ses apports alimentaires [79, 82]. D'ailleurs, certains biomarqueurs tels que les caroténoïdes sont de plus en plus utilisés comme valeurs de référence dans le cadre d'études de validation d'outils d'évaluation alimentaire [79, 83, 84]. Les niveaux ou concentrations de certains biomarqueurs peuvent toutefois varier selon certains facteurs, modifiables ou non, tels que la

génétique, le statut nutritionnel, le poids corporel, l'environnement (ex : fumée de cigarette), la prise de médication ainsi que le métabolisme du biomarqueur mesuré [81, 85]. Les biomarqueurs nutritionnels sont donc eux aussi influencés par la variabilité intra individuelle des apports alimentaires et fournissent des données spécifiques sur les apports nutritionnels à court terme d'un individu, limitant ainsi l'évaluation de la qualité globale de l'alimentation [85-87].

2.1.2. Questionnaire de fréquence alimentaire

Le questionnaire de fréquence alimentaire (QFA) fait partie d'un ensemble de méthodes subjectives d'évaluation alimentaire, puisque son analyse repose sur des données alimentaires auto-rapportées [79]. Le principe de base du QFA est de questionner un individu sur sa fréquence de consommation de certains aliments ou groupes d'aliments en lui présentant une liste qui demande (semi-quantitatif) ou non (qualitatif) d'identifier la taille des portions consommées, selon des exemples de portions standardisées, pour une période spécifique pouvant varier d'une semaine à une année [79, 86]. Les données générées par un QFA semi-quantitatif peuvent alors être converties en apports énergétiques et nutritionnels, en déterminant la taille d'une portion quotidienne, selon la fréquence de consommation et la taille de portion choisie. En épidémiologie, les QFA sont surtout utilisés pour classer les gens par catégories d'apports usuels (faibles, moyens, élevés), car les données alimentaires sont souvent peu précises. En effet, le QFA n'est parfois pas assez sensible pour détecter des variations d'apports alimentaires dans le temps, puisqu'il demande à l'individu de rapporter une portion moyenne pour des aliments dont la consommation varie d'un repas, d'une journée ou d'une semaine à l'autre [88, 89].

Ensuite, les aliments sur lesquels sont questionnés les individus peuvent être utilisés pour estimer les apports nutritionnels totaux, ou bien pour refléter plus spécifiquement les apports en un nutriment d'intérêt. Par exemple, un QFA qui limite sa liste d'aliments aux produits laitiers pourrait être utilisé pour estimer l'apport et le statut nutritionnel en calcium d'une population [90]. Le nombre d'items présents dans un QFA dépend alors de l'usage qu'on souhaite en faire.

Par ailleurs, le choix des aliments énumérés dans un QFA doit s'adapter à certaines variables culturelles, environnementales et sociodémographiques. En effet, un QFA utilisé au sein d'une population de jeunes femmes hispaniques défavorisées ne conviendra probablement pas à une population d'hommes caucasiens mieux nantis, puisque ces deux populations ne consomment pas et n'ont pas nécessairement accès aux mêmes aliments [86]. Les QFA doivent donc être ajustés, d'une part, selon la population à laquelle ils s'adressent et, d'autre part, selon la façon dont seront utilisées les données alimentaires générées.

2.1.3. Journal alimentaire

Un journal alimentaire (JA) est un autre outil subjectif d'évaluation alimentaire qui requiert l'énumération et la description détaillée, de tous les aliments et boissons consommés par un individu durant une période spécifique [79, 91]. Les méthodes de complétion d'un journal alimentaire doivent être préalablement expliquées au répondant, afin d'assurer une certaine uniformité et de faciliter l'analyse subséquente des données [86]. À cet effet, il est généralement demandé aux répondants de décrire de façon détaillée les recettes des mets composés consommés, les modes de préparation et de cuisson des aliments ainsi que d'indiquer les matières grasses et condiments ajoutés aux aliments consommés [79].

Contrairement au QFA, le JA ne fait pas appel à la mémoire à long terme du répondant, puisqu'il est habituellement complété en temps réel, c'est-à-dire au moment même où les boissons et aliments sont consommés [86]. Toutefois, bien que le JA soit reconnu comme étant adéquat pour l'évaluation des apports alimentaires à court terme d'un individu, il a été rapporté que le choix des aliments consommés pouvait être influencé ou modifié en réaction à la complétion simultanée d'un JA, un phénomène appelé « biais de réactivité » [86, 92, 93].

Ensuite, les portions réellement consommées peuvent être estimées, en utilisant des ustensiles domestiques (tasses, cuillères à mesurer, etc.), ou bien pesées à l'aide d'une balance. Le JA qui requiert la pesée des aliments consommés est d'ailleurs reconnu comme étant la méthode de référence pour évaluer les apports nutritionnels d'un individu, puisqu'il fournit des données alimentaires précises et exactes, peu sujettes à des erreurs d'estimation [79]. Dans la littérature, il a été démontré que 3 à 4 jours seraient nécessaires pour qu'un JA soit représentatif de l'alimentation usuelle d'un individu, considérant la variabilité intra individuelle des apports alimentaires [86, 91]. Il n'est d'ailleurs pas conseillé d'utiliser des JA de plus de 7 jours, puisque cela augmenterait de façon importante la charge de travail déjà importante des répondants. Ces derniers risqueraient alors d'être plus fatigués et moins engagés, ce qui se traduirait en une complétion insatisfaisante du journal alimentaire [91, 94]. En général, les JA sont révisés par un membre de l'équipe de recherche, dans le but de préciser et/ou détailler les tailles de portions, les modes de préparation et de cuisson de certains aliments qui auraient été moins bien rapportés [86, 91]. Enfin, les aliments rapportés dans le JA sont codés par l'équipe de recherche à l'aide d'une base de données nutritionnelles [86, 91].

2.1.4. Rappel alimentaire de 24 heures

La méthode du rappel alimentaire de 24 heures (R24H) consiste en une entrevue, habituellement conduite par un nutritionniste, où un répondant est questionné sur tous les aliments et boissons consommés dans les dernières 24 heures [86]. Ainsi, tout comme le QFA, la mesure des apports alimentaires via un R24H repose sur la capacité d'un individu à se rappeler des aliments qu'il a consommés, sans avoir été préalablement averti que ses apports alimentaires allaient être évalués [91]. Toutefois, contrairement au QFA, le R24H fait appel à la mémoire à court terme et non à long terme du répondant, ce qui atténue quelque peu les biais de mémoire [86].

En fait, le R24H est généralement composé de questions ouvertes, dans le but de laisser le répondant se remémorer et énumérer lui-même tous les aliments consommés. Par la suite, des précisions peuvent être demandées quant à la taille des portions, les modes de préparation et de cuisson des aliments ainsi que le moment où les aliments ont été consommés. D'ailleurs, l'interviewer peut avoir recours à des modèles ou des photos d'aliments afin d'aider le répondant à se rappeler la quantité consommée d'un aliment en particulier. Puis, il arrive souvent que l'interviewer questionne le répondant sur l'ajout de certains aliments ou ingrédients, afin de limiter l'omission d'aliments fréquemment oubliés (ex : collations, boissons, matières grasses, etc.). Néanmoins, les questions utilisées ne doivent jamais suggérer des aliments ou des portions, puisque cela risquerait d'influencer les réponses de l'interviewé [86, 95]. En fait, les entrevues de R24H sont habituellement très structurées et les questions sont neutres et standardisées [79]. Enfin, parallèlement au JA et contrairement au QFA, le R24H fournit des données précises sur l'alimentation à court terme du répondant. Cependant, un seul R24H n'est pas suffisant pour représenter l'alimentation usuelle d'un

individu et doit alors être administré de 2 à 7 reprises, compte tenu de la variabilité journalière intra individuelle des apports alimentaires [79, 96, 97].

2.2. Avantages et inconvénients des différentes méthodes d'évaluation alimentaire

Le **Tableau 3** tiré de Jacques S. (2015) [98] présente les principaux avantages et inconvénients associés à l'utilisation des quatre méthodes d'évaluation alimentaires décrites précédemment.

Tableau 3. Forces et limites des principaux outils d'évaluation alimentaire traditionnels

Méthodes	Principales forces	Principales limites
Biomarqueurs	<ul style="list-style-type: none"> - Mesure directe du statut nutritionnel - Mesure objective, i.e. libre du biais de désirabilité sociale et indépendante de la capacité des sujets à se remémorer et à décrire le type et la quantité de nourriture consommée 	<ul style="list-style-type: none"> - Variations interindividuelles importantes - Reflètent souvent davantage le statut nutritionnel que les apports alimentaires récents - Coûteux et invasifs - Ne documentent pas le profil alimentaire global
QFA	<ul style="list-style-type: none"> - Facilité d'administration - Faible coût - Utilisation possible auprès de grands nombres d'individus (populations) - Documente la consommation d'aliments saisonniers ou consommés moins fréquemment 	<ul style="list-style-type: none"> - Sujet à de nombreuses erreurs de mesure systématiques - Tâche cognitive difficile et complexe pour les répondants - Doit être adapté à chaque population distincte et aux buts de l'étude - Pas suffisamment sensible pour détecter des changements alimentaires dans des études d'intervention
JA	<ul style="list-style-type: none"> - Potentiel d'une plus grande précision (comparativement aux outils rétrospectifs) - Minimise les erreurs provenant d'une mémoire incomplète - Minimise les erreurs de mesure dans l'estimation des portions (lorsque JA est pesé) - Documente la diète globale 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige une motivation et une littératie élevées de la part des répondants - Affecté par le phénomène de réactivité et de désirabilité sociale - Coûteux (formation préalable des répondants et codage manuel des réponses par des professionnels) - Administration multiple nécessaire pour estimer les apports usuels
R24H	<ul style="list-style-type: none"> - Littératie non requise (lorsqu'administré avec un interviewer) - Méthode rapide - Sollicite la mémoire à court terme - Non affecté par le phénomène de réactivité - Documente la diète globale 	<ul style="list-style-type: none"> - Coûteux (administration de l'outil et codage manuel des réponses par des professionnels) - Administration multiple nécessaire pour estimer les apports usuels - Biais de désirabilité sociale

Tiré et adapté de Jacques S. (2015) [98]

Enfin, que ce soit par l'utilisation de méthodes objectives (ex : biomarqueurs) ou subjectives (QFA, JA, R24H, etc.), l'estimation des apports alimentaires au sein de la population générale est sujette à de nombreux biais [99]. Il semblerait donc que le choix d'un outil d'évaluation alimentaire repose sur l'usage que l'on souhaite en faire ainsi que sur les particularités de la population à l'étude. Pour ces raisons, la prochaine section discutera des particularités associées à l'évaluation de l'alimentation des femmes enceintes.

2.3. Évaluation des apports alimentaires durant la grossesse

Durant la grossesse et tout comme au sein de la population générale, l'alimentation est associée à plusieurs variables de la santé à court et à long terme. Ainsi, plusieurs études d'intervention et d'observation ont mesuré les apports alimentaires des femmes enceintes, afin, dans un premier temps, d'identifier des excès ou carences en certains nutriments et, dans un deuxième temps, d'investiguer les relations qui existent entre le statut nutritionnel et la santé durant la grossesse [49, 100-102].

Selon une revue de la littérature effectuée en 2014 [103], il semblerait que, durant la grossesse, l'utilisation des QFA soit plus répandue que l'utilisation des R24H et JA. Cela est possiblement relié au fait que la plupart des études épidémiologiques s'intéressent aux apports alimentaires usuels d'une population, qui sont plus souvent mesurés à long terme que sur une courte période de temps. Cependant, cette même revue de la littérature soulève la nécessité d'un plus grand nombre d'études visant à évaluer l'adéquation des R24H pour mesurer les apports alimentaires des femmes enceintes. D'ailleurs, puisque le QFA ne semble pas être un outil suffisamment sensible pour détecter des variations ou des changements dans le temps au niveau de l'alimentation de la population générale [88, 89], l'évaluation des

changements dans les apports alimentaires serait, elle aussi, moins précise chez les femmes enceintes, surtout lorsque l'on considère la grande variabilité journalière et intra individuelle discutée précédemment. Cette lacune du QFA risquerait de poser problème dans le cadre d'une étude visant à déterminer si, par exemple, une intervention nutritionnelle est efficace pour améliorer la qualité de l'alimentation d'une population de femmes enceintes.

Toutefois, même si le R24H et le JA permettaient d'évaluer les apports alimentaires des femmes enceintes plus précisément, ces deux méthodes requerraient encore beaucoup de temps, autant de la part de l'interviewer que du répondant. Aussi, les biais associés à l'utilisation d'outils traditionnels d'évaluation alimentaire sont peut-être encore plus importants durant la grossesse, étant donné la grande variabilité des apports alimentaires durant cette période. Une évaluation adéquate des apports alimentaires des femmes enceintes représenterait donc un aussi grand, sinon un plus grand défi que dans la population générale. Cependant, de nouveaux outils technologiques sont maintenant utilisés en épidémiologie nutritionnelle et fournissent une mesure précise des apports alimentaires, tout en diminuant le temps associé à la saisie et à l'analyse des données. L'utilisation de ces outils et les avantages qui y sont associés seront abordés dans la prochaine section.

3. Nouvelles technologies dans le domaine de l'évaluation alimentaire

Les différents biais associés aux outils traditionnels d'évaluation alimentaire ainsi que la grande charge de travail qu'ils nécessitent, autant du côté des répondants que de celui de l'interviewer, ont accéléré le processus de perfectionnement et de développement de

nouvelles méthodes d'évaluation alimentaire [104]. De plus, considérant qu'au Canada, la majorité de la population a maintenant accès à Internet via un ordinateur ou même un téléphone intelligent, il devenait logique d'utiliser le Web comme plateforme pour évaluer les apports alimentaires [105]. Dans les dernières années, un grand nombre d'outils automatisés d'évaluation alimentaire basés sur des plateformes Web ont vu le jour et, dans certains cas, on les préfère même aux méthodes traditionnelles [106-109]. Ces nouvelles technologies ont comme objectif principal de standardiser, via l'utilisation d'une plateforme Web, les processus d'entrevue et/ou d'administration de questionnaires d'évaluation alimentaire [110].

3.1. Description générale des outils Web d'évaluation alimentaire

La grande majorité des outils Web d'évaluation alimentaire sont en fait des versions informatisées et perfectionnées des méthodes traditionnelles (QFA, JA et R24H) [85, 91]. Ces outils standardisés et automatisés d'entrevue alimentaire permettent de recueillir, coder et calculer les apports alimentaires de façon automatique, sans l'intervention d'un interviewer [111]. Pour des outils comme le R24H, qui demandent, en plus du codage manuel des aliments, de multiples administrations par un interviewer, le transfert de l'entrevue sur le Web combiné à une standardisation et une automatisation des questions s'avère très avantageux.

Les R24H Web (R24HW), ainsi que plusieurs autres outils Web d'évaluation alimentaire, se basent sur l'*Automated Multiple-Pass Method* (AMPM), une méthode standardisée d'entrevue alimentaire assistée par ordinateur (MSEAAO) développée par le département d'agriculture des États-Unis (USDA). Le USDA utilisait déjà des administrations répétées

de R24H depuis de nombreuses années dans le cadre d'enquêtes nationales visant à évaluer l'alimentation des Américains et l'AMPM a été développée dans une optique d'amélioration et de standardisation des méthodes d'entrevue [112].

En résumé, une entrevue de type AMPM est divisée en cinq étapes, la première étant une énumération spontanée, où le répondant liste tous les aliments consommés la veille. S'ensuivent quatre étapes servant à préciser et réviser les réponses du participant, tant au niveau de la taille des portions qu'aux ajouts d'ingrédients fréquemment oubliés [113]. Les différentes étapes de l'AMPM sont présentées de façon plus détaillée dans le **Tableau 4**. Il a d'ailleurs été démontré que l'utilisation de l'approche AMPM était associée à une diminution des biais dans l'estimation des apports alimentaires [113-115]. Les outils Web d'évaluation alimentaire découlant de l'AMPM sont donc de plus en plus utilisés en épidémiologie nutritionnelle, notamment en raison des nombreux avantages qu'ils présentent, comparativement à leurs versions traditionnelles [116-118].

Tableau 4. Énumération et description des étapes de l'Automated Multiple-Pass Method

Ordre	Étapes	Objectif (s)
1	Énumération spontanée	Recueillir une liste des aliments et boissons consommés dans les dernières 24 heures
2	Items fréquemment oubliés	Questionner sur les aliments fréquemment oubliés durant l'énumération spontanée
3	Heure et occasion (repas)	Questionner sur le moment (heure, repas, collation, etc.) au cours duquel chaque aliment a été consommé
4	Détails	Obtenir une description détaillée de chaque aliment consommé (taille de la portion, ajout d'ingrédients, etc.)
5	Analyse finale	Réviser les aliments déjà rapportés et obtenir de l'information sur ceux qui ont été oubliés, si tel est le cas

Adapté et traduit librement de USDA (2016) [119]

3.2. Avantages des outils Web d'évaluation alimentaire

Tel que mentionné précédemment, le transfert des outils traditionnels d'évaluation alimentaire sur des plateformes Web a été associé à une diminution des biais liés à l'estimation des apports alimentaires [113-115]. En fait, sur le plan de la collecte de données alimentaires, l'automatisation des outils d'évaluation alimentaire entraîne subséquentement une diminution des erreurs de codage généralement présentes lorsque cette tâche est sous la responsabilité d'un ou plusieurs interviewers et/ou assistants de recherche [106]. Dans un même ordre d'idées, le codage automatique des aliments reliés à une base de données nutritionnelles abaisse également les coûts reliés au temps et à la main d'œuvre habituellement requise pour la cueillette, l'analyse et le codage des aliments consommés par le répondant [120]. De plus, le fait que l'interviewer soit remplacé par une interface Web

peut atténuer le biais de désirabilité sociale associé à l'utilisation des R24H et JA traditionnels, puisque le répondant est seul et dans un environnement neutre lorsqu'il utilise l'outil Web [121, 122].

Parallèlement aux économies de temps pour les interviewers et les codeurs, l'utilisation d'outils Web permet également de diminuer de façon importante la charge de travail du répondant [120]. D'une part, les questions standardisées utilisées par les outils Web sont généralement associées à une complétion plus efficace, en comparaison à des entrevues de vive voix non standardisées [106]. D'autre part, en ce qui a trait au R24H, le répondant bénéficie d'une plus grande flexibilité quant au moment et à l'endroit où il désire compléter son questionnaire Web, comparativement aux R24H traditionnels où il était nécessaire de se déplacer à plusieurs reprises ou encore d'assister à de multiples entrevues téléphoniques. Ces éléments peuvent alors contribuer à une meilleure compliance de la part des répondants, qui, au final, serait associée à une estimation plus adéquate de leurs apports alimentaires usuels [106, 120, 123]. L'utilisation d'images standardisées de portions d'aliments par la plupart des outils Web d'évaluation alimentaire permettrait également d'améliorer l'estimation des apports alimentaires des répondants [123].

Enfin, bien que comparativement aux méthodes traditionnelles, les outils Web nécessitent probablement un plus grand niveau de littératie et de compétences informatiques de la part du répondant [124, 125], ceux-ci demeurent accessibles et avantageux pour la population générale [116-118]. Cependant, comme toutes les technologies novatrices, la précision et l'exactitude des outils Web d'évaluation alimentaire doivent être évaluées au sein des populations que l'on souhaite étudier. En effet, il est recommandé d'effectuer des études de validation auprès de la sous-population d'intérêt, avant de pouvoir tirer des conclusions sur

l'état nutritionnel de celle-ci [72]. Par conséquent, nous avons entrepris de valider l'utilisation d'un R24HW au sein d'une population de femmes enceintes Canadiennes-françaises.

4. Validation d'outils d'évaluation alimentaire

Lorsqu'il est question d'outils d'évaluation alimentaire, le terme « validation » peut être défini comme étant l'évaluation du degré d'exactitude, de sensibilité et de spécificité avec lequel l'outil mesure les apports alimentaires réels d'un individu [81, 126]. Puisqu'il est compliqué et coûteux de comparer des apports alimentaires estimés par un outil avec les apports réels d'un individu (évaluation de la validité absolue), la plupart des études de validation évaluent plutôt la validité relative d'un outil, c'est-à-dire la comparaison entre les apports mesurés par l'outil et ceux mesurés par une méthode de référence. Dans le contexte actuel où les technologies évoluent très rapidement, il est d'autant plus pertinent de s'assurer de l'exactitude des nouvelles méthodes d'évaluation alimentaire disponibles. La prochaine section discutera donc de l'importance des études de validation, puis décrira les méthodes de validation présentées dans la littérature, ainsi que celles utilisées dans le cadre de la présente étude.

4.1. Importance de la validation d'outils d'évaluation alimentaire

L'évaluation précise et exacte des apports alimentaires usuels d'une population constitue une base solide pour la plupart des études en épidémiologie nutritionnelle. La validation des méthodes d'évaluation alimentaire est nécessaire afin, d'une part, d'utiliser les données alimentaires mesurées pour définir le statut nutritionnel d'une population et, d'autre part,

pour évaluer de possibles associations entre l'alimentation et des variables de la santé. La validation des nouveaux outils est d'autant plus importante considérant la grande variabilité de l'alimentation de la population générale et des femmes enceintes, qui complique l'estimation de leurs apports alimentaires.

Par ailleurs, tel que discuté dans la deuxième section de ce chapitre, aucune méthode d'évaluation alimentaire n'est parfaite, et toutes possèdent leurs biais de mesure et d'estimation. Néanmoins, les études de validation permettent justement de déterminer, à l'aide d'analyses statistiques, quelle est l'amplitude potentielle des erreurs de mesure associées à l'outil évalué [127].

De ce fait, la validation rend possible, dans un premier temps, l'identification de causes potentielles d'erreurs de mesure et permet, dans un deuxième temps, le développement de pistes de solutions potentielles pour minimiser les erreurs identifiées [127]. Un exemple serait une étude de validation qui démontrerait qu'un outil d'évaluation alimentaire n'arrive pas à estimer avec assez de précision les apports usuels des femmes enceintes en acide folique. Sans les analyses de validation, ce biais pourrait passer inaperçu et des études subséquentes utilisant le même outil risqueraient de sur- ou sous-estimer le statut en acide folique des femmes enceintes. Cela poserait problème tant au niveau de l'étude des associations entre l'acide folique et les issues de grossesse que sur le plan de l'élaboration des politiques de santé publique en lien avec ce nutriment.

Les analyses de validation d'outils d'évaluation alimentaire représentent donc un moyen efficace et nécessaire pour détecter les limites et forces de chacun d'eux, en plus d'identifier de quelle façon ces particularités peuvent influencer l'estimation des apports alimentaires.

Cependant, les méthodes de validation utilisées dans la littérature varient d'une étude à l'autre, et leurs résultats n'entraînent pas les mêmes conclusions.

4.2. Méthodes de validation d'outils d'évaluation alimentaire

Lorsqu'un outil est qualifié de « valide », cela signifie qu'il mesure avec exactitude ce qu'il doit mesurer [128, 129]. La validation d'un outil d'évaluation alimentaire représente cependant un processus complexe, puisqu'il dépend de la capacité du répondant à rapporter ses apports alimentaires [130]. Ainsi, pour évaluer à quel niveau une méthode d'évaluation alimentaire génère des données similaires à la réalité, il est possible de comparer les apports mesurés avec ceux réellement consommés ou bien avec ceux mesurés par une méthode de référence dont la validité a déjà été démontrée [123, 128].

4.2.1. Observation directe

Comme son appellation l'indique, la validation par observation directe compare les apports alimentaires mesurés par l'outil à valider avec les quantités d'aliments réellement consommés par le répondant [123]. Cela peut être réalisé dans un contexte d'étude de validation seulement [131, 132], ou bien dans le cadre d'une étude d'intervention où l'alimentation des participants est contrôlée par l'équipe de recherche [133]. Peu importe le contexte dans lequel l'observation directe des apports alimentaires est réalisée, il s'agirait de la méthode de choix pour s'assurer de la validité d'un nouvel outil d'évaluation alimentaire [129]. Cependant, l'observation directe de la prise alimentaire implique tout de même un niveau relativement élevé de surveillance de la part de l'équipe de recherche ce qui peut entraîner des coûts importants. De plus, ce contexte de surveillance pourrait influencer les

choix alimentaires du répondant et ainsi ne pas refléter les apports alimentaires usuels de ce dernier [131]. Cela ne pose pas problème dans l'optique où les données alimentaires ne seront utilisées qu'à des fins de validation, mais si ces données sont analysées dans le cadre d'une étude épidémiologique, elles risquent d'être peu représentatives des apports alimentaires habituellement consommés par les répondants. Ainsi, bien que la validation par observation directe d'un outil d'évaluation alimentaire permette d'évaluer la validité absolue d'un outil, il ne s'agit pas toujours d'une méthode réaliste dans un contexte de recherche.

4.2.2. Méthodes de référence

La plupart des outils d'évaluation alimentaire utilisés en épidémiologie nutritionnelle ont été validés en utilisant des méthodes de référence dont la validité a déjà été démontrée [79, 128, 129]. Par contre, puisqu'il existe un risque que l'outil et la méthode de référence présentent le même type de biais d'estimation, il est souvent recommandé de valider une méthode subjective, comme le R24H, à une méthode de mesure objective telle que l'analyse des biomarqueurs nutritionnels [123, 128]. En effet, les biomarqueurs reflètent le statut nutritionnel du répondant et ce, indépendamment de l'évaluation de la prise alimentaire, le rendant ainsi exempt de biais de mesure des apports alimentaires, qui sont habituellement associés aux méthodes subjectives [134]. Timon et al. (2016) [123] ont récemment rapporté que peu d'études de validation de R24HW ont utilisé les biomarqueurs comme méthode de référence, mais que celles qui l'ont fait ont observé une estimation adéquate, par les R24HW, des apports alimentaires pour l'énergie, les protéines et la plupart des micronutriments. Le côté invasif et les coûts élevés associés aux biomarqueurs nutritionnels peuvent toutefois freiner leur utilisation dans le cadre d'études de validation.

Lorsque l'utilisation de biomarqueurs nutritionnels n'est pas envisageable, il est recommandé de valider un outil d'évaluation alimentaire en le comparant à une autre méthode subjective de référence. Idéalement, selon la même ligne de pensée que les biomarqueurs nutritionnels, la méthode choisie ne devrait pas être associée aux mêmes biais que ceux reliés à l'outil à valider. Par exemple, il serait préférable de valider un R24H ou un QFA, qui présentent un biais de mémoire, avec un JA, qui lui est complété en temps réel et ne présente donc pas le même biais [123, 128]. Le JA est d'ailleurs fréquemment utilisé comme méthode de référence dans les études de validation [135-138]. Cependant et tel que mentionné précédemment, ce type d'étude est plutôt qualifié d'étude de validation relative, puisqu'on y compare des estimations d'apports alimentaires qui sont toutes deux propices à plusieurs erreurs de mesures, étant donné leur caractère subjectif [123]. Certains auteurs recommandent de combiner une étude de validation relative à une analyse des biomarqueurs nutritionnels dans le but d'ajouter une certaine objectivité à l'évaluation de la validité d'un outil [86, 123, 128]. Dans le cadre de la présente étude, nous avons cependant opté pour une étude de validation relative entre un R24HW administré à trois reprises et un JA estimé de trois jours.

Les résultats obtenus suite à une étude de validation relative effectuée à l'aide d'une méthode de référence ne fournissent pas d'information quant à la validité absolue d'un outil, puisque la méthode de référence ne représente pas les apports alimentaires réellement consommés par les individus [128]. Néanmoins, ce type de validation permet de déterminer si l'estimation des apports alimentaires obtenue avec l'outil à valider est semblable à celle obtenue avec l'outil de référence. C'est d'ailleurs ce type de validation qui a été évalué dans le cadre de notre étude, puisque, selon la littérature, la validité relative est suffisante pour démontrer si

oui ou non un outil permet d'estimer adéquatement les apports alimentaires usuels d'un individu ou d'un groupe d'individus [79, 128].

4.3. Description des types de validité

Lors de l'évaluation et de la validation des différentes méthodes d'évaluation alimentaire, il est important de distinguer les deux dimensions de la validité, soit la dimension individuelle et celle de groupe [139]. Les analyses statistiques associées à chacun des types de validité sont présentées dans le **tableau 5**.

4.3.1. Validité individuelle

La validité individuelle est surtout pertinente lors de l'évaluation des apports alimentaires en milieu clinique plutôt qu'en recherche. En fait, un outil qui possède une bonne validité au niveau individuel estimera de façon précise les apports réels d'un individu [139]. Ainsi, des données nutritionnelles recueillies avec un tel outil permettraient, dans un premier temps, d'évaluer précisément le statut nutritionnel d'un individu et, d'élaborer, dans un deuxième temps, un plan ou des recommandations nutritionnelles pour cet individu en particulier. Il va sans dire que ce type de validité n'a pas autant de pertinence en épidémiologie nutritionnelle, où des groupes d'individus sont étudiés comme un ensemble.

4.3.2. Validité de groupe

Bien que la précision des outils d'évaluation alimentaire est un critère important pour fournir une estimation adéquate des apports alimentaires usuels, il n'est toutefois pas nécessaire, dans le cadre d'études épidémiologiques, qu'un outil soit capable d'estimer de manière

précise des apports individuels en un nutriment spécifique [139]. En effet, la validité de groupe est plutôt définie par la capacité d'un outil à estimer adéquatement les apports alimentaires d'un groupe d'individus. C'est d'ailleurs le type de validité qui est nécessaire pour utiliser un outil d'évaluation alimentaire dans un contexte de recherche épidémiologique, puisque les associations entre l'alimentation et les variables de la santé sont étudiées à un niveau de groupe plutôt qu'individuel [79, 139]. Néanmoins, Lombard et al. (2015) [128] recommandent d'évaluer, à l'aide des analyses statistiques associées, aussi bien la validité individuelle que celle de groupe d'un outil d'évaluation alimentaire, afin d'avoir une vue d'ensemble sur les forces et limites de celui-ci.

Le **Tableau 5** tiré de Lombard et al. (2015) [128] présente les principaux tests statistiques utilisés dans les études de validation pour comparer les apports alimentaires mesurés par l'outil à valider à ceux observés avec la méthode de référence. Dans le cadre de ce mémoire et tel que recommandé par la revue de littérature de Lombard et al (2015) [128], la totalité de ces tests statistiques a été utilisée afin d'évaluer la validité relative d'un R24HW, en comparaison avec un JA estimé.

Tableau 5. Résumé des analyses statistiques et de leur interprétation dans la validation d'outils d'évaluation alimentaire

Tests statistiques utilisés	Type de validité associé	Interprétation des critères		
		Bon	Acceptable	Faible
Coefficient de corrélation	Individuelle	$\geq 0,50$	0,20 – 0,49	$< 0,20$
Test-T de Student	Groupe	$P > 0,05$		$P \leq 0,05$
Différences (%)	Groupe		0,0 – 10,0%	$> 10,0\%$
Classification par quartiles	Individuelle	$\geq 50,0\%$ dans le même quartile; $\leq 10,0\%$ dans le quartile opposé		$< 50,0\%$ dans le même quartile; $> 10,0\%$ dans le quartile opposé
Coefficient de kappa	Individuelle	$\geq 0,61$	0,20 - 0,60	$< 0,20$
Analyse de Bland-Altman	Groupe	$P > 0,05$		$P \leq 0,05$

Tiré, adapté et traduit librement de Lombard et al. (2015) [128]

En résumé, l'évaluation inadéquate des apports alimentaires dans le cadre d'études d'observation et d'intervention nutritionnelles risque vraisemblablement de compliquer la compréhension des associations entre l'alimentation et des variables de la santé de la population générale. Cette situation problématique a des répercussions tout aussi importantes auprès des femmes enceintes, puisque leur alimentation est sujette à de nombreuses variations, ce qui en complique l'évaluation. Il est donc évident que des données alimentaires de haute qualité et provenant d'outils d'évaluation alimentaire valides sont nécessaires à la réussite et à la pertinence des futures études épidémiologiques auprès des femmes enceintes. À cet effet et tel que discuté dans le présent chapitre, l'utilisation de méthodes d'évaluation alimentaire basées sur le Web, standardisées et automatisées serait avantageuse, autant pour les populations étudiées que pour les équipes de recherche. Cependant, durant la grossesse,

très peu d'études ont évalué l'alimentation des femmes enceintes à l'aide de méthodes de mesures répétées basées sur une plateforme Web [140, 141]. De ce fait et pour toutes les raisons mentionnées précédemment, nous désirions, dans le cadre de ce projet de maîtrise, nous assurer de la validité relative d'un R24HW durant la grossesse, dans le but d'éventuellement investiguer, avec précision, les associations entre l'alimentation et les variables de santé durant la grossesse. L'objectif principal et l'hypothèse de recherche du présent mémoire seront présentés en détail dans le prochain chapitre.

Chapitre II : Objectifs et hypothèses

Objectif

L'objectif principal de cette étude est de valider l'outil R24W, développé pour une population adulte Canadienne-française, au sein d'une population de femmes enceintes et ce, à chaque trimestre de grossesse, en comparaison avec un journal alimentaire papier.

Hypothèse

Nous émettons l'hypothèse que relativement à un JA, le R24W est un outil valide pouvant être utilisé pour estimer à chaque trimestre de grossesse, les apports alimentaires d'une population de femmes enceintes

Chapitre III : Validation d'un rappel de 24 heures web dans une population de femmes enceintes

Validation of a self-administered Web-based 24-hour dietary recall among
pregnant women

Claudia Savard^{1,2,3}, Simone Lemieux^{1,3}, Jacynthe Lafrenière^{1,3}, Catherine Laramée³,
Julie Robitaille^{1,2,3}, Anne-Sophie Morisset^{1,2,3}

¹ École de nutrition, Université Laval, Québec, Qc, Canada,

² Axe d'endocrinologie et de néphrologie du Centre de Recherche du CHU de Québec-
Université Laval, Québec, Qc, Canada,

³ Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Québec, Qc, Canada

Cet article a été soumis au journal *BMC Pregnancy and Childbirth* le 20 octobre 2017.

Résumé

Contexte: L'utilisation de méthodes d'évaluation alimentaire valides est cruciale pour analyser l'adhésion des femmes enceintes aux recommandations nutritionnelles. **Objectif:** Cette étude vise à évaluer la validité relative d'un outil Web de rappel de 24 heures, le R24W, par rapport à un journal alimentaire (JA) de 3 jours, durant la grossesse. **Méthodes:** Soixante (60) femmes enceintes ont été recrutées à $9,3 \pm 0,7$ semaines de grossesse et ont complété, à chaque trimestre, 3 R24W et 1 JA de 3 jours. Des analyses de Student ont été effectuées pour comparer les apports moyens en énergie, macronutriments et en 19 micronutriments rapportés par les 2 outils. Des corrélations de Pearson ont été effectuées pour analyser l'association entre le JA et les R24W, et la classification croisée, le coefficient de kappa pondéré et l'analyse de Bland-Altman ont été utilisés pour évaluer l'accord entre les deux méthodes. **Résultats:** Les corrélations de Pearson étaient toutes significatives, sauf pour la vitamine B₁₂ ($r=0,03$, $p=0,83$) et variaient de 0,27 à 0,76 ($p < 0,05$), montrant une bonne association entre les deux méthodes. Les différences entre les apports moyens rapportés par le R24W et le JA ne dépassaient pas 10% et n'étaient pas significatives pour 16 variables sur 26. La classification croisée a montré que le R24W classait, en moyenne, 79,1% des participantes dans le même (ou ± 1) quartile que le JA. **Conclusion:** Par rapport au JA, le R24W est un outil valide pour évaluer les apports en énergie et en nutriments, à l'exception de la vitamine D, du zinc, de l'acide folique et de la proportion d'énergie provenant des lipides. Son utilisation dans de futures études épidémiologiques fournira des données alimentaires précises permettant l'évaluation des associations entre l'alimentation et les issues de grossesse. **Mots-clés :** Validation, évaluation alimentaire, rappel alimentaire de 24h, apports alimentaires, grossesse, femmes enceintes.

Validation of a self-administered Web-based 24-hour dietary recall among pregnant women

Claudia Savard^{1,2,3}, Simone Lemieux^{1,3}, Jacynthe Lafrenière^{1,3}, Catherine Laramée³, Julie Robitaille^{1,2,3}, Anne-Sophie Morisset^{1,2,3}

¹ École de nutrition, Université Laval, Québec, Qc, Canada, ² Axe d'endocrinologie et de néphrologie du Centre de Recherche du CHU de Québec-Université Laval, Québec, Qc, Canada, ³ Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels, Université Laval, Québec, Qc, Canada

Authors contact information : Claudia Savard : claudia.savard.4@ulaval.ca

Simone Lemieux : simone.lemieux@fsaa.ulaval.ca

Jacynthe Lafrenière : jacynthe.lafreniere.1@ulaval.ca

Catherine Laramée : catherine.laramee@fsaa.ulaval.ca

Julie Robitaille : julie.robitaille@fsaa.ulaval.ca

Corresponding author:

Anne-Sophie Morisset, R.D., Ph.D.

École de nutrition de l'Université Laval

Pavillon Paul-Comtois

2425, rue de l'Agriculture, local 2412

Université Laval

Québec (Québec) G1V 0A6

Tel: (418) 656-2131 ext. 13982

E-mail : anne-sophie.morisset@fsaa.ulaval.ca

ABSTRACT

Background: The use of valid dietary assessment methods is crucial to analyse adherence to dietary recommendations among pregnant women. **Objective:** This study aims to assess the relative validity of a self-administered Web-based 24-hour dietary recall, the R24W, against a pen-paper 3-day food record (FR) among pregnant women. **Methods:** Sixty (60) pregnant women recruited at 9.3 ± 0.7 weeks of pregnancy in Quebec City completed, at each trimester, 3 R24W and a 3-day FR. Mean energy and nutrient intakes reported by both tools were compared using paired Student T-Tests. Pearson correlations were used to analyze the association between both methods. Agreement between the two methods was evaluated using cross-classification analyses, weighted kappa coefficients and Bland-Altman analyses. **Results:** Pearson correlation coefficients were all significant, except for vitamin B₁₂ ($r=0.03$; $p=0.83$) and ranged from 0.27 to 0.76 ($p<0.05$). Differences between mean intakes assessed by the R24W and the FR did not exceed 10% in 19 variables and were not significant for 16 out of 26 variables. In cross-classification analyses, the R24W ranked, on average, 79.1% of participants in the same or adjacent quartiles as the FR. **Conclusion:** Compared to a 3-day FR, the R24W is a valid method to assess intakes of energy and most nutrients but may be less accurate in the evaluation of intakes of fat (as a proportion of energy intake), vitamin D, zinc and folic acid. During pregnancy, the R24W was a more accurate tool at a group-level than at an individual-level and should, therefore, be used in an epidemiological rather than a clinical setting. The R24W may be particularly valuable as a tool used in cohort studies to provide valid information on pregnant women's dietary intakes and facilitate evaluation of associations between diet and adverse pregnancy outcomes. **Key words:** Validation, dietary assessment, 24-hour dietary recall, dietary intakes, pregnancy, pregnant women.

BACKGROUND

Accurate assessment of dietary intakes is a major pillar of nutrition research, counseling and intervention [1]. The use of valid dietary assessment tools is essential to compare dietary intakes to current nutritional recommendations and to measure associations between diet and health outcomes [2, 3]. Dietary assessment is especially important during pregnancy, as inadequate or excess nutrition during this period can adversely affect both the mother and the fetus [4-6]. Considering that pregnant women's dietary needs and intakes are influenced by numerous endo- and exogenous factors, evaluating the adequacy of diet throughout pregnancy can be complex. Physiological changes occurring in pregnancy, such as rises in blood volume, extracellular liquids, adipose tissue and placental weight, lead to an increase in dietary requirements and can heighten or suppress appetite [7, 8]. Moreover, nausea, attitudes and behaviors towards food, body image perception as well as socioeconomic status have all been known to impact pregnant women's food intakes [9-11].

In pregnant women, as in the general population, food records (FR) are known as the gold standard for dietary assessment [12, 13]. Despite their validity, FR and other pen-paper dietary assessment methods are time consuming, both for participants and research personnel. FR are also prone to a high social desirability bias [2, 14]. For these reasons, web-based FR and web-based recall methods, such as food frequency questionnaires (FFQ) and 24-hour dietary recalls, are gaining popularity. Compared to traditional/pen-paper methods, web-based methods are more cost and time effective as they can generate nutritional data automatically and are less prone to data entry errors [15-17]. It has also been reported that web-based tools tend to enhance completion rates by reducing the burden associated with pen-paper dietary assessment methods [18]. For example, contrary to FR, FFQ and dietary

recalls are less time consuming because they do not require the participant to weigh or measure every food item consumed. [19]. On the other hand, both FFQ and dietary recalls are subject to memory bias, as participants are asked to report their dietary intakes retrospectively [20]. Moreover, FFQ are more often used to evaluate diets over longer periods of time (e.g. 1 to 12 months), as opposed to dietary recalls, which generally assess short-term dietary intakes [2, 19]. Therefore, in a context like pregnancy, where various factors can impact appetite on a daily basis, using multiple 24-hour dietary recalls might provide the most accurate estimate of pregnant women's dietary intakes [4, 21].

Although web-based 24-hour dietary recalls are now more frequent in epidemiological studies, very few have been validated in a pregnant population [22]. Since the validation of a dietary assessment tool in the target population is a necessary first step prior to interpreting and generalizing data [23, 24], this study aims to assess the relative validity of a self-administered web-based 24-hour dietary recall (R24W) against a 3-day FR among a population of French Canadian pregnant women. We hypothesize that the R24W is a valid tool to assess dietary intakes in pregnant women.

METHODS

Participants

Eighty-six (86) pregnant women recruited from April 2016 to May 2017 at the CHU de Québec – Université Laval (Québec, Canada) were included in the ANGE project (Apports Nutritionnels Durant la Grossesse). The general aim of the ANGE study was to evaluate dietary intakes throughout pregnancy in association with nutritional recommendations, gestational weight gain, glucose tolerance and metabolic profile. Women younger than 18

years old and with a gestational age greater than 12 weeks of pregnancy at the time of recruitment were excluded. Women with a previously diagnosed disease affecting their metabolic profile and/or their dietary intakes (i.e. Type 1 and type 2 diabetes, renal disease, inflammatory and immunity disorders) were also excluded. For the validation analyses, our final sample was restricted to women who completed both the 3FR and the R24W on three occasions within each trimester (n=60). The ANGE project was approved by the CHU de Québec – Université Laval Research Center’s Ethical Committee and participants gave their informed written consent at their first visit to the research center.

The automated web-based 24-h recall (R24W)

In the 1st (range: 7-14 weeks), 2nd (range: 20-27 weeks) and 3rd (range: 31-38 weeks) trimesters of pregnancy, each participant was asked to complete a total of 3 R24W on 2-week days and 1-weekend day (total of 9 R24W throughout pregnancy). The development of the R24W has been previously described [25]. Briefly, the R24W uses a sequence of questions inspired by the USDA’s Automated Multiple Pass Method (AMPM) [26]. In contrast to the AMPM, the R24W uses a meal-based approach in its 1st step. The application also sends automatic e-mails on randomly chosen dates to remind the participants to complete the R24W. Participants are required to watch a mandatory tutorial video prior to their first R24W. The database includes 2865 food items that are linked to the Canadian Nutrient File [27] to enable automatic extraction of nutrient values. Participants can report an unlimited number of meals and snacks for a 24-h period. The database also includes a total of 687 recipes created to ease the entry of mixed dishes (e.g. spaghetti with meat sauce, salads, etc.). Pictures depicting multiple portion sizes with corresponding units and/or volume are available for more than 80% of all food items. After selecting a food item, participants must choose the

picture that best represents the amount of food eaten. In addition, systematic questions are asked about frequently forgotten food items including toppings, condiments, fats, snacks and drinks. The R24W performed well in a validation study where the real dietary intakes of 62 non pregnant adults were known [28] and a pre-test revealed that 29 adults found the R24W easy to understand and complete [25].

3-day food record

At baseline (range: 7-14 weeks), in the 2nd trimester (range: 20-27 weeks) and in the 3rd trimester (range: 31-38 weeks), participants were given a three 3-day FR to complete on 2-week days and 1-weekend day (total of 3 FR throughout pregnancy). A trained dietician gave, at baseline, detailed explanations to each participant on how to complete their FR. Written instructions, a list of frequently forgotten food items and an example of a correctly completed FR were also provided to the participants. Participants were not required to weigh the foods consumed but were asked to measure their food with household measurements (cups, teaspoons) and indicate a commercial product's brand when applicable. Participants were also asked to provide detailed information about mixed dishes consumed, either by writing, printing, or scanning a recipe from a website or a cookbook. Women were highly encouraged to preserve their normal eating habits when completing the FR. When participants gave back their FR, completeness and portion sizes were reviewed by the same or another trained dietician.

Nutritional analyses

In each trimester, the R24W and FR were completed on different days. This was established because the R24W requires a participant to recall the foods consumed on the previous day and thus, having completed a FR for the same day would help a participant remember each

food eaten. All food items were coded using the 2015 version of the Canadian Nutrient File [27], either automatically, for the R24W, or with Nutrific software (Laval University, Quebec) for the FR. Data from FR was analyzed and initially coded by a research assistant. A trained dietician reviewed data entry and coding for mistakes or omissions. Data for energy and 22 nutrients were analyzed for both the FR and the R24W. Dietary supplement intakes were not considered in the analyses.

Other variables

Pre-pregnancy body weight was self-reported and height was measured at baseline to calculate pre-pregnancy BMI. Web questionnaires regarding pregnancy related variables (i.e. presence of nausea, vomiting, food cravings, etc.) were completed at each trimester and a socio-economic Web questionnaire was completed once during pregnancy.

Statistical analyses

At each trimester, means and standard deviations for energy, macro- and micronutrient intakes as well as percentage of energy from carbohydrates (% carbohydrates), fat (% fat) and proteins (% proteins) were calculated from the 3-day FR and the 3 R24W. Paired Student t-tests were performed to assess the difference between mean intakes reported by the R24W and mean intakes reported by the FR. Percent differences between the 3 R24W and the 3-day FR $[(\text{Mean R24W} - \text{Mean FR}) / \text{Mean FR}]$ were also calculated. Pearson correlations were used to evaluate the associations between nutrient intakes from the R24W and the FR. Non-normally distributed variables were log or box-cox transformed. Cross-classification analyses were performed to examine the ability of the R24W to classify participants into similar or adjacent quartiles of dietary intakes classified by the FR. Weighted kappa scores were calculated to assess whether or not the results of the cross-classification analyses were

attributable to chance only. The Bland-Altman analysis, described as the Spearman correlation between the mean of both tools $[(\text{Mean R24W} + \text{Mean FR}) / 2]$ and the difference between both tools $(\text{Mean FR} - \text{Mean R24W})$ for each participant, was used. Differences and correlations were considered statistically significant at $p < 0.05$. Finally, all tests (Paired student t-test, percent difference, Pearson correlation, cross-classification and misclassification, weighted kappa score and Bland-Altman analysis) were pooled to obtain a seven-criteria validity analysis, according to the classification suggested by Lombard et al. [29]. A good (G), acceptable (A) or poor (P) score was attributed to each variable for all 7 criteria. Statistical analyses were performed in JMP version 12 (SAS Institute Inc, NC, USA), with the exception of the weighted kappa score, which was calculated with SAS version 9.4 (SAS Institute Inc, NC, USA).

RESULTS

Characteristics of the participants are presented in **Table 1**. Our sample included 60 pregnant women with a mean age of 32.5 ± 3.5 years old and an average pre-pregnancy BMI of 25.3 ± 5.8 kg/m². Ninety-eight percent of our participants were Caucasian and 81.7% had completed a university degree. In the 1st trimester of pregnancy, almost all participants (86.7%) reported nauseous symptoms, as opposed to the 2nd and 3rd trimesters, where much smaller proportions of women reported such symptoms.

Five women completed 8 of the 9 required R24W and 2 additional women partially completed one of their 3 FR (2 out of 3 days). We did not exclude these women from our statistical analyses because including them did not affect our results. Completion statistics for the R24W are presented in **Table 2**. Average R24W completion time significantly

decreased at each trimester ($p < 0.001$) and the number of items reported was significantly lower in the 3rd compared to the 2nd trimester ($p = 0.02$).

In order to lighten the figures and tables shown in the results section of this article, only 2nd trimester validity analyses are presented. Results from the 1st and 3rd trimesters are available in the supplementary material, and some of these results are briefly presented throughout the section below. Overall, 2nd trimester results were representative of the association and agreement between the R24W and the FR throughout pregnancy, as they were statistically stronger than the 1st but not the 3rd trimester results.

Table 3 presents differences between the data from R24W and the FR for the 2nd trimester, as well as Pearson correlation coefficients. Mean intakes of energy, fat, % fat, saturated fatty acids (SFA), cholesterol, vitamin C, vitamin D, magnesium, phosphorus, zinc and calcium were significantly different between both tools (average difference: 12.2%; $p < 0.05$). Results were similar in other trimesters (**Supplementary Table 1**), as differences between mean R24W and FR intakes were significant for 8 variables in both the 1st (energy, fat, SFA, riboflavin, vitamin D, phosphorus, calcium and sodium; average difference: 13.0%) and 3rd trimesters (% fat, SFA, cholesterol, vitamin B₆, vitamin D, magnesium, phosphorus and calcium; average difference: 11.4%). In the 2nd trimester, the highest percent differences were observed for vitamin D (20.6%; $p = 0.02$) and calcium (21.6%; $p = 0.0003$). Pearson correlation coefficients in the 2nd trimester ranged from 0.27 to 0.76 and were all significant with the exception of vitamin B₁₂ ($r = 0.03$; $p = 0.83$). Similarly, all 3rd trimester correlations were significant, but non-significant correlations were observed for % fat ($r = 0.09$; $p = 0.50$), folic acid ($r = 0.20$; $p = 0.13$) and vitamin B₁₂ ($r = 0.19$; $p = 0.14$) in the 1st trimester.

The R24W classified 79.1% (range 68.3-90.0%) of the participants in the same or adjacent quartile compared with the FR in the 2nd trimester (**Table 4**). Furthermore, misclassification, i.e. when a participant is classified in the 1st quartile by one tool and in the 4th by the other, occurred in 3.9% (range 0-10.0%) of all cases in the 2nd trimester. Cross-classification analyses revealed similar results in the 1st and 3rd trimesters (**Supplementary Table 2**). Weighted kappa scores ranged from 0.09 to 0.49 (average 0.32) in the 2nd trimester, with the lowest value being for cholesterol. Significant Spearman correlations between the mean of both tools and the difference between both tools (proportional bias) were observed for cholesterol and niacin in the 2nd trimester (**Table 5**). A proportional bias was also observed for thiamin and vitamin C as well as for carbohydrates, % carbohydrates, % fat, thiamin, niacin, vitamin B₆, folic acid and fibers in the 1st and 3rd trimesters, respectively (**Supplementary Table 3**).

A summary of all agreement and association analyses conducted in the 2nd trimester is presented in **Table 5**, based on the classification suggested by Lombard et al [29]. In the 2nd trimester, the number of poor outcomes by variable ranged from 0 (carbohydrates and % protein) to 4 (vitamin D and zinc). In the 1st trimester, % fat, vitamin D and folic acid were the variables with the highest number of poor outcomes (n=4), and all 3rd trimester variables accumulated less than 4 poor outcomes each (**Supplementary Table 3**).

DISCUSSION

This is the first study to assess the relative validity of a web-based 24-hour dietary recall in comparison with a 3-day FR among a population of pregnant women in all trimesters. All agreement and association analyses showed that, for most nutrients, the R24W can provide

an estimation of pregnant women's dietary intakes that is similar to the one obtained with a 3-day FR. Our results demonstrate that the R24W can be used to evaluate dietary intakes throughout pregnancy. To our knowledge and as mentioned by Vézina-Im et al. (2014) [30], there is a lack of current literature relevant to the use of this type of tool. Therefore, our analyses must be compared with those of studies that validated web-based 24-hour dietary recalls against a FR in non-pregnant adult populations.

Overall, Pearson correlations between both tools assessed in the 2nd trimester of pregnancy have shown good associations. Indeed, our results revealed that 14 nutrients had a correlation coefficient above or equal to 0.50 which Masson et al. (2003) [31] identified as the minimal recommended value to qualify a correlation as good. Correlations of this magnitude are, however, expected when two distinct measurement methods are used to assess the same variables (e.g. vitamin D measured by the R24W vs measured by a 3-day FR) [23, 32, 33]. Our results are similar to those of Frankenfeld et al. (2012) [34], who compared 2 web-based 24-hour dietary recalls (ASA24) with a 4-day dietary record in 93 non pregnant Americans and found correlation coefficients that ranged from 0.06 to 0.76. Similarly, Timon et al. (2017) [35] compared 2 web-based 24-hour dietary recalls (Foodbook24) with a 4-day FR among 40 non pregnant adults and observed correlation coefficients ranging from 0.32 to 0.75, which is also comparable to our results.

In our study, we observed a correlation coefficient of 0.03 ($p=0.83$) for vitamin B₁₂ intakes in the 2nd trimester, indicative of a weak association between the FR and the R24W for this nutrient. Nevertheless, this lack of association does not necessarily mean that the R24W can not assess vitamin B₁₂ intakes accurately. In fact, mean intakes of vitamin B₁₂ reported by the R24W and the FR did not differ significantly in the 2nd trimester ($5.5 \pm 2.6\mu\text{g}$ with the R24W

vs 5.1 ± 2.6 ug with the FR; $p=0.46$), as well as in the 1st and 3rd trimesters. Moreover, in all trimesters, no proportional bias was observed for vitamin B₁₂ intakes. Similarly, even though Frankenfeld et al. (2012) [34] observed a lower correlation coefficient ($r=0.06$) for vitamin E intakes reported by the ASA24 and the FR, they found no significant difference between vitamin E intakes reported by both tools. Likewise, Comrie et al (2009) [36], who compared a web-based food recall checklist (FoRC) with a 4-day FR among 53 University students, observed a weaker correlation ($r=0.30$) between intakes of % fat reported by both tools, but the mean difference between both tools was not significant. Thus, in the present study, we interpret the weak association between both tools for one particular nutrient as a justification to conduct additional tests, such as paired student-t test, cross-classification and Bland-Altman analysis, but not as a justification to invalidate the data [29].

For the majority of nutrients, no significant differences were detected between mean intakes reported by the R24W and the FR, in the 2nd trimester. However, some significant differences were observed for total energy, fat, % fat, SFA, vitamin C, vitamin D, magnesium, phosphorus, zinc and calcium. For these nutrients, average difference between intakes reported by the FR and the R24W was 12.2%, which is considered as an acceptable gap according to Lombard et al. (2015) [29]. Overall, intakes reported by the R24W were higher than those reported by the FR for 17 out of 26 variables. Similar results were obtained by Timon et al. (2017) [35], where significant differences between the Web-based 24HR and the FR were observed in intakes of % fat, protein, dietary fibers, riboflavin, iron, potassium and sodium. In comparison, De Keyzer et al. (2011) [37] compared two computer assisted 24-hour recalls (24HR) with a 5-day FR and found significant differences between intakes

of energy and 8 nutrients (fat, fatty acids, cholesterol, alcohol, vitamin C, thiamine, riboflavin and iron) reported by both tools. Furthermore, De Keyzer et al. (2011) [37] also observed higher intakes with the 24HR than with the FR and suggested it might be due to portion size estimation by food photographs. In fact, although photographs are generally useful to accurately recall portion size, some studies have mentioned considerable over and/or underestimations of the real amount of food eaten when participants were asked to use photographs to recall their food intakes [38-40]. On the other hand, a previous validation study comparing the R24W with known dietary intakes found that the self-reported portion sizes were, on average, only 3.2g higher than the real portion sizes offered to participants [28]. However, the same study observed that portion sizes smaller than 100g were significantly overestimated by 17.1%. This could partially explain why, in our study, energy, fat, % fat and SFA intakes were higher when reported by the R24W, as smaller portioned food items include fats, sauces, toppings and cheese [28]. Significantly higher intakes observed with the R24W could also be explained by the presence of social desirability and reactivity bias, both frequently observed with the FR [2, 14]. Therefore, it is possible that our participants had an increased tendency to underestimate and/or underreport portion sizes when completing the FR in comparison to when they completed the R24W.

Cross-classification analyses in the 2nd trimester revealed an acceptable agreement on an individual-level between the R24W and the FR. Classification of participants in the same and in the same or adjacent quartiles averaged 39.4% (range: 21.7-53.3%) and 79.1% (range: 68.3-90.0%), respectively. These results are similar to those observed by Frankelfeld et al. (2012) [34] and Timon et al. (2017) [35] in which ranking of participants in the same or adjacent quartiles ranged from 62.6% to 79.8% and from 69.2% to 92.3%, respectively.

Moreover, in our study, only zinc was characterized by a gross misclassification (opposing quartiles) of more than 10% of participants. This is especially important since the ability of a method to accurately rank participants according to their dietary intakes is essential in the evaluation of diet-disease associations [23]. Furthermore, weighted kappa scores averaged 0.32, thus representing an acceptable agreement according to the terminology of Lombard et al. [29] and indicating that the ranking of participants in the same or adjacent quartiles was not attributable to chance [29]. It is important to mention that a perfect agreement between the R24W and the FR was very unlikely to be observed, considering that both tools did not evaluate dietary intakes on the same 3 days. Moreover, since within-person day-to-day variability is high for both 24-hour dietary recalls and FR and since both tools were completed on 3 different days, the ranking of participants is complex [41]. Day-to-day variability may be further enhanced during pregnancy, as pregnant women's dietary intakes may be influenced by nausea and vomiting. [42]. It is possible that some women experienced more nausea and vomiting during the 3 days they completed the FR compared to the 3 R24W days, or vice-versa. Thus, a woman could have been ranked in the 1st quartile according to her intakes reported by one tool and in the 3rd or 4th quartile according to her intakes reported by the other tool. For these reasons, weighted kappa coefficients and the results of cross-classification analyses should be interpreted with caution and in combination with the other validity analyses conducted in this study.

As previously mentioned, analyses conducted in the 3rd trimester were statistically stronger when compared to those of the 1st and 2nd trimesters, thus suggesting a greater relative validity in the 3rd trimester. This might be explained, in part, by participant's increased experience and comfort with completing both tools towards the end of their pregnancy. By

the third trimester, participants had completed six R24W and two 3-day FR. This could also partially explain the significant decrease in completion time across trimesters of pregnancy. Moreover, fewer participants reported experiencing nausea in the 3rd trimester, which may also explain why there were less variations between dietary intakes recorded by the last R24W and FR, compared with the 1st and 2nd trimesters. Since our study is the first to assess the validity of a web-based 24-hour recall in all trimesters of pregnancy, we were not able to compare our results to previous literature and these suppositions should be interpreted with caution.

In the 2nd trimester, only 2 (vitamin D and zinc) out of 26 variables accumulated a total of 4 poor association and agreement outcomes. Similar results were observed in the 1st (% fat, folic acid and vitamin D) and 3rd trimesters. Lombard et al. (2015) [29] suggested that nutrients with the highest number of poor outcomes, % fat, folic acid, vitamin D and zinc in our results, might not be consumed on a daily basis by the studied population and would be better assessed by a FFQ rather than a R24W or a FR. This is of particular interest considering that folic acid is essential during pregnancy and plays an important role in fetal growth and development [43, 44]. Moreover, deficiencies in folic acid are associated with higher risk of birth defects, particularly neural tube defects [44]. Thus, an inaccurate intake estimation of this nutrient could be harmful, especially among pregnant women that are less compliant with their prenatal dietary supplements [45]. The combined use of a FFQ with the R24W and even biomarker analyses should, therefore, be considered to accurately assess dietary intakes of folic acid, vitamin D and zinc [29]. Globally, better results were observed with the group-level analyses (paired Student t-test and Bland-Altman analysis) in comparison with individual validity outcomes (Pearson correlation, cross-classification analysis and weighted

kappa coefficient). This greater validity on a group-level in comparison to individual-level was also observed by Comrie et al. (2009) [36], although this study did not use all 7 statistical analyses conducted in the present study. However, the accuracy of dietary assessment at an individual level (i.e. when the assessed intakes of an individual accurately reflects real intakes) is not essential to provide valid and useful data on nutrition and health outcomes [41]. Therefore, the results of our group-level analyses suggest that the R24W is a valid tool to assess average dietary intakes of pregnant women but should be used with caution when counselling dietary changes to pregnant women in a clinical setting.

To our knowledge, this is the first dietary assessment validation study among pregnant women to compare a web-based 24-hour recall with a FR by using seven association and agreement analyses for each pregnancy trimester. This summary analysis allowed a more in depth understanding of the accuracy and precision of the R24W, as well as an identification of the R24W's strengths and limitations. It can be argued that, for a better estimate of usual dietary intakes, additional R24W and FR days would have been needed. Yet, asking our participants to recall and report their dietary intakes for more than 6 days per trimester could have worsened compliance, participation rate, and potentially altered our results. Our validation study also has limited generalizability because our study population was highly educated and almost 100% Caucasian. In addition, our small study sample (n=60) might have attenuated the strength of some of our statistical analyses, e.g. correlation coefficients and cross-classification. Despite our small study sample, our results showed that the R24W was a relatively valid tool.

CONCLUSIONS

In summary, we observed that compared to the FR, the R24W has good relative validity to assess energy and most nutrients in all trimesters. The R24W did not, however, perform as well for the assessment of intakes of % fat, vitamin D, folic acid and zinc. The use of combined dietary assessment methods, including FFQs and biomarker analyses, is, therefore, recommended to ensure an accurate estimation of dietary intakes for these nutrients. The R24W demonstrated a greater group-level validity compared to an individual-level validity and should, therefore, be used in an epidemiological rather than a clinical setting. Nevertheless, in addition to being less expensive and more effective than pen-paper methods, the R24W has the potential to provide accurate and precise information on pregnant women's dietary intakes, and, therefore allows the evaluation of potential associations between dietary intakes and adverse pregnancy outcomes.

DECLARATIONS

Ethics approval and consent to participate

The ANGE project was approved by the CHU de Québec – Université Laval Research Center’s Ethical Committee and participants gave their written informed consent at their first visit to the research center.

Consent for publication

The written consent for publication was obtained from all participants.

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed during the current study that are not presented in this article or in the supplementary material are available from the corresponding author on reasonable request.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Funding

The ANGE project is funded by the Danone Institute of Canada. All funding allowed the collection, analysis, and interpretation of data, but played no role in the writing of this manuscript.

Authors' contributions

All authors made substantial contributions to the conception and design of the manuscript, and all critically revised a first draft of the manuscript for important intellectual content. CS collected the data under the supervision of ASM and conducted primary statistical analyses of the data with the help of JL, CL, SL and ASM. All authors participated in the secondary analyses and interpretation of data. All authors gave their approval of the manuscript's final version to be published and therefore take public responsibility for the content of the manuscript. Finally, all authors agreed to be accountable for all aspects of the work.

Acknowledgments

We would like to acknowledge the valuable collaboration of trained dietician and graduate student Anne-Sophie Plante and undergraduate students Marjorie Labrecque and Joséane Gilbert-Moreau in the data collection and coding. We would also like to thank Jillian Ashley-Martin, Ph.D., for her great contribution in the revision of our manuscript.

REFERENCES

1. Al Wattar BH, Mylrea-Lowndes B, Morgan C, Moore AP, Thangaratnam S: Use of dietary assessment tools in randomized trials evaluating diet-based interventions in pregnancy: a systematic review of literature. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2016, 28(6):455-463.
2. Willet WC: *Nutritional Epidemiology*, 3rd edn. New York: Oxford University Press; 2013.
3. Kipnis V, Midthune D, Freedman LS, Bingham S, Schatzkin A, Subar A, Carroll RJ: Empirical evidence of correlated biases in dietary assessment instruments and its implications. *American journal of epidemiology* 2001, 153(4):394-403.
4. Symonds ME, Ramsay MM: *Maternal-fetal nutrition during pregnancy and lactation*, Cambridge University Press edn; 2010.
5. Kaiser L, Allen LH: Position of the American Dietetic Association: nutrition and lifestyle for a healthy pregnancy outcome. *J Am Diet Assoc* 2008, 108(3):553-561.
6. Whitney EN, Cataldo CB, Rolfes SR: *Understanding normal and clinical nutrition*. USA: Wadsworth ed; 2002.
7. Augustine RA, Ladyman SR, Grattan DR: From feeding one to feeding many: hormone-induced changes in bodyweight homeostasis during pregnancy. *JPhysiol* 2008, 586(2):387-397.
8. Fowles ER, Fowles SL: Healthy eating during pregnancy: determinants and supportive strategies. *J Community Health Nurs* 2008, 25(3):138-152.
9. Crozier SR, Inskip HM, Godfrey KM, Cooper C, Robinson SM, Group SWSS: Nausea and vomiting in early pregnancy: Effects on food intake and diet quality. *Matern Child Nutr* 2016.
10. Hill B, Skouteris H, McCabe M, Milgrom J, Kent B, Herring SJ, Hartley-Clark L, Gale J: A conceptual model of psychosocial risk and protective factors for excessive gestational weight gain. *Midwifery* 2013, 29(2):110-114.
11. Fuller-Tyszkiewicz M, Skouteris H, Watson BE, Hill B: Body dissatisfaction during pregnancy: a systematic review of cross-sectional and prospective correlates. *Journal of health psychology* 2013, 18(11):1411-1421.
12. Bingham SA, Gill C, Welch A, Cassidy A, Runswick SA, Oakes S, Lubin R, Thurnham DI, Key TJ, Roe L et al: Validation of dietary assessment methods in the UK arm of EPIC using weighed records, and 24-hour urinary nitrogen and potassium and serum vitamin C and carotenoids as biomarkers. *International journal of epidemiology* 1997, 26 Suppl 1:S137-151.
13. Coulston AM, Boushey CJ: *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. Amsterdam: Academic Press; 2008.
14. Kipnis V, Midthune D, Freedman L, Bingham S, Day NE, Riboli E, Ferrari P, Carroll RJ: Bias in dietary-report instruments and its implications for nutritional epidemiology. *Public health nutrition* 2002, 5(6A):915-923.
15. Arens-Volland AG, Spassova L, Bohn T: Promising approaches of computer-supported dietary assessment and management-Current research status and available applications. *Int J Med Inform* 2015, 84(12):997-1008.

16. Illner AK, Freisling H, Boeing H, Huybrechts I, Crispim SP, Slimani N: Review and evaluation of innovative technologies for measuring diet in nutritional epidemiology. *International journal of epidemiology* 2012, 41(4):1187-1203.
17. Kristal AR, Kolar AS, Fisher JL, Plascak JJ, Stumbo PJ, Weiss R, Paskett ED: Evaluation of web-based, self-administered, graphical food frequency questionnaire. *J Acad Nutr Diet* 2014, 114(4):613-621.
18. Foster E, Hawkins A, Simpson E, Adamson AJ: Developing an interactive portion size assessment system (IPSAS) for use with children. *J Hum Nutr Diet* 2014, 27 Suppl 1:18-25.
19. Naska A, Lagiou A, Lagiou P: Dietary assessment methods in epidemiological research: current state of the art and future prospects. *F1000Res* 2017, 6:926.
20. Dietary Assessment Primer
[<https://dietassessmentprimer.cancer.gov/profiles/recall/index.html>]
21. Butte NF, King JC: Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public health nutrition* 2005, 8(7A):1010-1027.
22. Shatenstein B, Xu H, Luo ZC, Fraser W: Relative validity of a food frequency questionnaire for pregnant women. *Can J Diet Pract Res* 2011, 72(2):60-69.
23. Gibson RS: *Principles of Nutritional Assessment*, 2nd edn. New York: Oxford University Press; 2005.
24. Ashman AM, Collins CE, Brown LJ, Rae KM, Rollo ME: Validation of a Smartphone Image-Based Dietary Assessment Method for Pregnant Women. *Nutrients* 2017, 9(1).
25. 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(11).
26. Moshfegh AJ, Rhodes DG, Baer DJ, Murayi T, Clemens JC, Rumpler WV, Paul DR, Sebastian RS, Kuczynski KJ, Ingwersen LA et al: The US Department of Agriculture Automated Multiple-Pass Method reduces bias in the collection of energy intakes. *Am J Clin Nutr* 2008, 88(2):324-332.
27. Canadian Nutrient File (cnf). [<https://food-nutrition.canada.ca/cnf-fce/index-eng.jsp>]
28. Lafrenière J, Lamarche B, Laramée C, et al.: Validation of a newly automated web-based 24-hour dietary recall using fully controlled feeding studies. *BMC Nutr* 2017, 3(34).
29. Lombard MJ, Steyn NP, Charlton KE, Senekal M: Application and interpretation of multiple statistical tests to evaluate validity of dietary intake assessment methods. *Nutr J* 2015, 14:40.
30. Vezina-Im LA, Godin G, Couillard C, Perron J, Lemieux S, Robitaille J: Validity and reliability of a brief self-reported questionnaire assessing fruit and vegetable consumption among pregnant women. *BMC Public Health* 2016, 16:982.
31. Masson LF, McNeill G, Tomany JO, Simpson JA, Peace HS, Wei L, Grubb DA, Bolton-Smith C: Statistical approaches for assessing the relative validity of a food-frequency questionnaire: use of correlation coefficients and the kappa statistic. *Public health nutrition* 2003, 6(3):313-321.
32. Taren D, Dwyer J, Freedman L, Solomons NW: Dietary assessment methods: where do we go from here? *Public health nutrition* 2002, 5(6A):1001-1003.
33. Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986, 1(8476):307-310.

34. Frankenfeld CL, Poudrier JK, Waters NM, Gillevet PM, Xu Y: Dietary intake measured from a self-administered, online 24-hour recall system compared with 4-day diet records in an adult US population. *J Acad Nutr Diet* 2012, 112(10):1642-1647.
35. Timon CM, Blain RJ, McNulty B, Kehoe L, Evans K, Walton J, Flynn A, Gibney ER: The Development, Validation, and User Evaluation of Foodbook24: A Web-Based Dietary Assessment Tool Developed for the Irish Adult Population. *J Med Internet Res* 2017, 19(5):e158.
36. Comrie F, Masson LF, McNeill G: A novel online Food Recall Checklist for use in an undergraduate student population: a comparison with diet diaries. *Nutr J* 2009, 8:13.
37. De Keyzer W, Huybrechts I, De Vriendt V, Vandevijvere S, Slimani N, Van Oyen H, De Henauw S: Repeated 24-hour recalls versus dietary records for estimating nutrient intakes in a national food consumption survey. *Food Nutr Res* 2011, 55.
38. Nelson M, Atkinson M, Darbyshire S: Food photography. I: The perception of food portion size from photographs. *Br J Nutr* 1994, 72(5):649-663.
39. Ovaskainen ML, Paturi M, Reinivuo H, Hannila ML, Sinkko H, Lehtisalo J, Pynnonen-Polari O, Mannisto S: Accuracy in the estimation of food servings against the portions in food photographs. *Eur J Clin Nutr* 2008, 62(5):674-681.
40. Turconi G, Guarcello M, Berzolari FG, Carolei A, Bazzano R, Roggi C: An evaluation of a colour food photography atlas as a tool for quantifying food portion size in epidemiological dietary surveys. *Eur J Clin Nutr* 2005, 59(8):923-931.
41. Block G: A review of validations of dietary assessment methods. *American journal of epidemiology* 1982, 115(4):492-505.
42. Latva-Pukkila U, Isolauri E, Laitinen K: Dietary and clinical impacts of nausea and vomiting during pregnancy. *J Hum Nutr Diet* 2010, 23(1):69-77.
43. Mantovani E, Filippini F, Bortolus R, Franchi M: Folic acid supplementation and preterm birth: results from observational studies. *Biomed Res Int* 2014, 2014:481914.
44. Goh YI, Koren G: Folic acid in pregnancy and fetal outcomes. *J Obstet Gynaecol* 2008, 28(1):3-13.
45. Green NS: Folic acid supplementation and prevention of birth defects. *J Nutr* 2002, 132(8 Suppl):2356S-2360S.

Table 1: Participants' characteristics (N=60)

Variables	Mean \pm SD or N (%)
Age (years)	32.5 \pm 3.5
BMI (kg/m ²)	25.3 \pm 5.8
Ethnicity – Caucasian	59 (98.3)
Education	
High school	2 (3.3)
College	9 (15.0)
University	49 (81.7)
Household income ^a	
< 40 000 \$	3 (5.0)
40 000 – 59 999 \$	8 (13.3)
60 000 – 79 999 \$	10 (16.7)
80 000 – 99 999 \$	13 (21.7)
> 100 000 \$	25 (41.7)
Gestational age at baseline (weeks)	9.3 \pm 0.7
Number of children	
None ^b	22 (36.7)
1	33 (55.0)
2	4 (6.7)
3	1 (1.7)
Experienced nausea	
1 st trimester	52 (86.7)
2 nd trimester	20 (33.3)
3 rd trimester	14 (23.3)

^aFor N=59; ^bPregnant with their first child

Table 2: Completion statistics of the R24W.

	Mean (SD)			<i>P</i> value
	1 st trimester	2 nd trimester	3 rd trimester	
Completion time (minutes)	21.8 (7.5)	19.2 (6.8)	16.3 (5.1)	< 0.0001
Reported meals (N)	5.1 (0.9)	4.8 (1.1)	5.0 (1.2)	0.13
Reported items (N)	20.5 (4.0)	20.3 (4.1)	19.4 (4.0)	0.025

Table 3: Differences between mean dietary intakes reported by the R24W and the FR in the 2nd trimester.

	R24W (SD)	FR (SD)	% difference	Pearson correlation
Energy (kcal)	2357 (489)	2239 (506)	5.3*	0.68*
Carbohydrates (g)	286.7 (67.7)	279.1 (76.2)	2.7	0.76*
Fat (g)	94.3 (26.1)	84.9 (22.6)	11.1*	0.60*
Proteins (g)	99.6 (20.1)	98.5 (22.6)	1.1	0.37*
% Carbohydrates	48.7 (5.4)	49.7 (6.0)	-2.0	0.53*
% Fat	35.8 (4.9)	34.1 (4.8)	5.0*	0.48*
% Proteins	17.2 (3.0)	17.8 (3.1)	-3.4	0.58*
SFA (g)	34.7 (11.7)	30.3 (10.4)	14.5*	0.48*
Cholesterol (mg)	289.4 (95.2)	322.6 (134.4)	-10.3*	0.29*
Vitamin A (µg)	943.6 (412.4)	932.0 (630.3)	1.2	0.31*
Thiamin (mg)	2.0 (0.6)	1.9 (0.6)	5.3	0.68*
Riboflavin (mg)	2.4 (0.6)	2.3 (0.7)	4.3	0.46*
Niacin (mg)	26.7 (5.7)	27.2 (9.3)	-1.8	0.48*
Vitamin B6 (mg)	1.9 (0.5)	1.9 (0.6)	0	0.44*
Folic Acid (µg)	400.5 (100.8)	405.9 (144.1)	-1.3	0.54*
Vitamin B12 (µg)	5.5 (2.6)	5.1 (2.6)	7.8	0.03
Vitamin C (mg)	139.9 (85.6)	162.0 (83.9)	-13.6*	0.69*
Vitamin D (IU)	272.0 (132.6)	225.6 (131.4)	20.6*	0.27*
Magnesium (mg)	398.9 (100.4)	359.3 (113.9)	11.0*	0.57*
Phosphorus (mg)	1678.1 (370.8)	1557.1 (384.4)	7.8*	0.43*
Zinc (mg)	13.3 (3.1)	11.9 (3.0)	11.8*	0.28*
Iron (mg)	15.9 (4.7)	15.9 (4.9)	0	0.58*
Calcium (mg)	1372.3 (500.0)	1128.3 (447.0)	21.6*	0.51*
Potassium (mg)	3302.9 (826.4)	3326.1 (848.5)	-0.7	0.62*
Sodium (mg)	3322.0 (891.3)	3088.9 (1038.3)	7.5	0.51*
Dietary fibers (g)	24.8 (8.2)	24.2 (6.8)	2.5	0.71*
Average			6.7	0.50

* T-test and Pearson correlation coefficients with a P value < 0.05

Table 4: Cross-classification of intakes by quartiles and weighted kappa coefficient in the 2nd trimester.

	%			Misclassification (quartile 1 vs 4)	Weighed Kappa
	Same quartile	Adjacent quartiles	± 1 Quartile apart		
Energy	43.3	38.3	81.6	1.7	0.39
Carbohydrates	53.3	33.3	86.6	3.3	0.49
Fat	40.0	41.7	81.7	1.7	0.36
Proteins	40.0	38.3	78.3	5.0	0.31
% Carbohydrates	41.7	38.3	80.0	5.0	0.33
% Fat	33.3	45.0	78.3	1.7	0.28
% Proteins	51.7	35.0	86.7	1.7	0.49
SFA	38.3	43.3	81.6	6.7	0.31
Cholesterol	21.7	46.7	68.4	3.3	0.09
Vitamin A	30.0	41.7	71.7	1.7	0.20
Thiamin	48.3	38.3	86.7	1.7	0.47
Riboflavin	33.3	51.7	85.0	1.7	0.33
Niacin	26.7	41.7	68.4	1.7	0.15
Vitamin B6	38.3	35.0	73.3	8.3	0.23
Folic Acid	40.0	33.3	73.3	3.3	0.28
Vitamin B12	30.0	38.3	68.3	8.3	0.12
Vitamin C	40.0	50.0	90.0	0	0.44
Vitamin D	33.3	38.3	71.6	8.3	0.17
Magnesium	50.0	38.3	88.3	5.0	0.47
Phosphorus	40.0	38.3	78.3	1.7	0.33
Zinc	31.7	40.0	71.7	10.0	0.15
Iron	43.3	36.7	80.0	3.3	0.36
Calcium	40.0	48.3	88.3	1.7	0.41
Potassium	41.7	33.3	75.0	3.3	0.31
Sodium	48.3	31.7	80.0	8.3	0.36
Dietary fibres	46.7	36.7	83.4	3.3	0.41
Average	39.4	39.7	79.1	3.9	0.32

Table 5: Six criteria validity analysis.

	Individual level				Group level			Total of poor outcomes (17)
	Association	Agreement	Agreement	Agreement	Agreement	Agreement	Presence of bias	
	Pearson coefficient	Cross-classification	Kappa Statistic	% difference	T-test	Bland Altman		
Criteria for good outcome (G)	≥ 0.50	$\geq 50\%$ in same quartile; $<10\%$ in opposite quartile	≥ 0.61	0-10.9%	$P > 0.05$	$P > 0.05$	$P > 0.05$	
Criteria for acceptable outcome (A)	0.20-0.49		0.20-0.60	11.0-20%				
Criteria for poor outcome (P)	< 0.20	$< 50\%$ in same quartile; $\geq 10\%$ in opposite quartile	< 0.20	$> 20\%$	$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$	
1st trimester								
Energy	G	P-G	A	G	P	G	2	
Carbohydrates	G	G-G	A	G	G	G	0	
Fat	G	P-G	A	A	P	G	2	
Proteins	A	P-G	A	G	G	G	1	
% Carbohydrates	G	P-G	A	G	G	G	1	
% Fat	A	P-G	A	G	P	G	2	
% Proteins	G	G-G	A	G	G	G	0	
SFA	A	P-G	A	A	P	G	2	

	Individual level				Group level				Total of poor outcomes (17)
	Association	Agreement	Agreement	Agreement	Agreement	Agreement	Agreement	Presence of bias	
	Pearson coefficient	Cross-classification	Kappa Statistic	% difference	T-test	Bland Altman			
Cholesterol	A	P-G	P	G	G	P	G	3	
Vitamin A	A	P-G	A	G	G	G	G	1	
Thiamin	G	P-G	A	G	G	G	G	1	
Riboflavin	A	P-G	A	G	G	G	G	1	
Niacin	A	P-G	P	G	G	P	P	3	
Vitamin B ₆	A	P-G	A	G	G	G	G	1	
Folic Acid	G	P-G	A	G	G	G	G	1	
Vitamin B ₁₂	P	P-G	P	G	G	G	G	3	
Vitamin C	G	P-G	A	A	P	G	G	2	
Vitamin D	A	P-G	P	P	P	G	G	4	
Magnesium	G	G-G	A	A	P	G	G	1	
Phosphorus	A	P-G	A	G	P	G	G	2	
Zinc	A	P-P	P	A	P	G	G	4	
Iron	G	P-G	A	G	G	G	G	1	
Calcium	G	P-G	A	P	P	G	G	3	
Potassium	G	P-G	A	G	G	G	G	1	
Sodium	G	P-G	A	G	G	G	G	1	
Dietary fibres	G	P-G	A	G	G	G	G	1	
Total of poor outcomes	1	23-1	5	2	10	2	2	44	
Average								1.7	

Supplementary Table 1: Differences between mean dietary intakes reported by the R24W and the FR in the 1st and 3rd trimesters.

	R24W (SD)	FR (SD)	% difference	Pearson correlation
<i>1st trimester</i>				
Energy (kcal)	2313 (472)	2180 (398)	6.1*	0.48*
Carbohydrates (g)	284.3 (69.4)	273.2 (55.1)	4.1	0.45*
Fat (g)	90.5 (20.5)	82.5 (23.0)	9.7*	0.35*
Proteins (g)	98.8 (20.2)	95.3 (19.3)	3.7	0.60*
% Carbohydrates	49.0 (5.0)	50.3 (6.1)	-2.6	0.30*
% Fat	35.3 (4.1)	33.7 (5.0)	4.7	0.09
% Proteins	17.2 (2.5)	17.6 (3.0)	-2.3	0.48*
SFA (g)	33.0 (8.0)	29.3 (8.45)	12.6*	0.44*
Cholesterol (mg)	301.7 (96.7)	286.7 (107.4)	5.2	0.40*
Vitamin A (µg)	897.2 (302.3)	893.4 (396.8)	0.4	0.33*
Thiamin (mg)	1.8 (0.6)	1.9 (0.7)	-5.3	0.42*
Riboflavin (mg)	2.4 (0.6)	2.2 (0.6)	9.1*	0.51*
Niacin (mg)	27.3 (7.3)	26.3 (7.4)	3.8	0.40*
VitB6 (mg)	1.9 (0.5)	1.9 (0.6)	0	0.47*
Folic Acid (µg)	408.0 (97.0)	396.1 (106.1)	3.0	0.20
Vitamin B12 (µg)	5.0 (1.6)	4.8 (2.7)	4.2	0.19
Vitamin C (mg)	161.8 (64.4)	168.7 (83.9)	-4.1	0.46*
Vitamin D (IU)	233.2 (103.7)	193.9 (109.0)	20.3*	0.51*
Magnesium (mg)	392.3 (103.0)	365.7 (96.5)	7.3	0.36*
Phosphorus (mg)	1661.2 (376.5)	1535.3 (331.1)	8.2*	0.64*
Zinc (mg)	12.9 (3.3)	12.0 (3.4)	7.5	0.42*
Iron (mg)	15.4 (4.7)	15.0 (3.6)	2.7	0.37*
Calcium (mg)	1325.6 (367.6)	1101.7 (329.1)	20.3*	0.50*
Potassium (mg)	3292.7 (695.9)	3373.0 (839.7)	-2.4	0.43*
Sodium (mg)	3457.4 (911.9)	2942.8 (834.3)	17.5*	0.45*
Fibres (g)	24.0 (7.0)	24.2 (7.5)	-0.8	0.50*
Average			6.5	0.41
<i>3rd trimester</i>				
Energy (kcal)	2280 (518)	2262 (428)	0.8	0.61*
Carbohydrates (g)	274.9 (60.9)	279.2 (87.3)	-1.5	0.70*
Fat (g)	90.7 (22.6)	85.7 (24.0)	5.8	0.47*
Proteins (g)	100.8 (22.2)	102.5 (24.5)	-1.7	0.62*
% Carbohydrates	48.2 (5.4)	49.1 (7.5)	-1.8	0.60*
% Fat	35.6 (4.3)	34.0 (5.8)	4.7*	0.42*
% Proteins	17.9 (3.4)	18.5 (4.2)	-3.2	0.63*

	R24W (SD)	FR (SD)	% difference	Pearson correlation
<i>3rd trimester</i>				
SFA (g)	34.3 (9.1)	29.6 (10.3)	15.9*	0.52*
Cholesterol (mg)	292.4 (116.0)	322.6 (133.0)	-9.4*	0.57*
Vitamin A (µg)	936.5 (419.1)	972.7 (759.7)	-3.7	0.43*
Thiamin (mg)	1.8 (0.7)	1.9 (0.8)	-5.3	0.61*
Riboflavin (mg)	2.6 (0.7)	2.5 (0.8)	4.0	0.64*
Niacin (mg)	26.7 (6.6)	28.3 (9.2)	-5.7	0.53*
VitB6 (mg)	1.8 (0.4)	2.0 (0.7)	-10.0*	0.49*
Folic Acid (µg)	400.9 (99.3)	414.0 (151.3)	-3.2	0.56*
Vitamin B12 (µg)	5.8 (2.7)	5.9 (4.0)	-1.7	0.42*
Vitamin C (mg)	137.2 (70.3)	142.9 (79.2)	-4.0	0.60*
Vitamin D (IU)	285.0 (159.9)	246.7 (135.8)	15.5*	0.40*
Magnesium (mg)	405.8 (104.1)	380.8 (124.9)	6.6*	0.71*
Phosphorus (mg)	1729.4 (444.4)	1630.8 (446.9)	6.1*	0.67*
Zinc (mg)	13.4 (3.7)	12.4 (3.2)	8.1	0.41*
Iron (mg)	15.0 (3.8)	15.9 (6.2)	5.7	0.56*
Calcium (mg)	1479.5 (512.2)	1201.8 (499.0)	23.1*	0.68*
Potassium (mg)	3278.9 (799.6)	3413.2 (924.5)	-3.9	0.54*
Sodium (mg)	3173.6 (898.2)	3095.3 (1013.0)	2.5	0.61*
Fibres (g)	24.1 (6.5)	24.7 (8.5)	-2.4	0.68*
Average			6.0	0.56

Supplementary Table 2: Cross-classification of intakes by quartiles and weighted kappa coefficient in the 1st and 3rd trimesters.

	%			Misclassification (quartile 1 vs 4)	Weighed Kappa
	Same quartile	Adjacent quartiles	± 1 Quartile apart		
<i>1st trimester</i>					
Energy	40.0	35.0	75.0	5.0	0.28
Carbohydrates	41.7	35.0	76.7	1.7	0.33
Fat	41.7	36.7	78.4	6.7	0.31
Proteins	41.7	38.3	80.0	1.7	0.36
% Carbohydrates	35.0	35.0	70.0	5.0	0.20
% Fat	23.0	43.3	66.3	10.0	0.04
% Proteins	36.7	41.7	78.4	5.0	0.28
SFA	40.0	38.3	78.3	5.0	0.31
Cholesterol	28.0	50.0	78.8	6.7	0.20
Vitamin A	26.7	46.7	73.4	6.7	0.15
Thiamin	36.7	46.7	83.4	3.3	0.33
Riboflavin	36.7	51.7	88.4	1.7	0.39
Niacin	38.3	40.0	78.3	6.7	0.28
VitB6	35	43.3	78.3	3.3	0.28
Folic Acid	26.7	36.7	63.4	10.0	0.04
Vitamin B12	33.3	36.7	70.0	6.7	0.17
Vitamin C	35.0	38.3	73.3	5.0	0.23
Vitamin D	40.0	46.7	86.7	3.3	0.39
Magnesium	41.7	36.7	78.4	3.3	0.33
Phosphorus	41.7	45.0	86.7	1.7	0.41
Zinc	36.7	45.0	81.7	5.0	0.31
Iron	33.3	40.0	73.3	6.7	0.20
Calcium	45	33.3	78.3	3.3	0.36
Potassium	36.7	43.3	80.0	6.7	0.28
Sodium	31.7	46.7	78.4	3.3	0.25
Fibres	40.0	35.0	75.0	5.0	0.28
Average	36.3	41.0	77.2	4.9	0.27
<i>3rd trimester</i>					
Energy	41.7	43.3	85.0	0	0.41
Carbohydrates	41.7	48.3	90.0	1.7	0.44
Fat	38.3	45.0	83.3	5.0	0.33
Proteins	43.3	38.3	81.6	5.0	0.36
% Carbohydrates	50.0	35.0	85.0	5.0	0.44

	% ± 1			Misclassification (quartile 1 vs 4)	Weighed Kappa
	Same quartile	Adjacent quartiles	Quartile apart		
<i>3rd trimester</i>					
% Fat	31.7	43.3	75.0	3.3	0.23
% Proteins	40.0	41.7	81.7	1.7	0.36
Saturated fatty acids	35.0	43.3	78.3	3.3	0.28
Cholesterol	38.3	38.3	76.6	5.0	0.28
Vitamin A	50.0	31.7	81.7	8.3	0.39
Thiamin	40.0	46.7	86.7	3.3	0.39
Riboflavin	46.7	36.7	83.4	0	0.44
Niacin	36.7	40.0	76.7	0	0.31
VitB6	48.3	36.7	85.0	3.3	0.44
Folic Acid	40.0	41.7	81.7	1.7	0.36
Vitamin B12	40.0	41.7	81.7	1.7	0.36
Vitamin C	35.0	45.0	80.0	1.7	0.31
Vitamin D	50.0	28.3	78.3	5.0	0.39
Magnesium	46.7	45.0	91.7	1.7	0.49
Phosphorus	48.3	36.7	85.0	0	0.47
Zinc	43.3	35.0	78.3	8.3	0.31
Iron	33.3	43.3	76.6	3.3	0.25
Calcium	43.3	46.7	90.0	0	0.47
Potassium	45.0	41.7	86.7	1.7	0.44
Sodium	41.7	41.7	83.4	5.0	0.36
Fibres	53.0	36.7	89.7	0	0.55
Average	42.4	40.5	82.8	2.9	0.38

Supplementary Table 3: Seven criteria validity analysis of the R24W in the 1st and 3rd trimesters.

	Individual level			Group level			Total of poor outcomes
	Association	Agreement		Agreement	Presence of bias		
	Pearson coefficient	Cross-classification	Kappa score	% difference	T-test	Bland-Altman	
Criteria for good outcome (G)	≥0.50	≥ 50% in same quartile; <10% in opposite quartile	≥0.61	0-10.9%	P>0.05	P>0.05	
Criteria for acceptable outcome (A)	0.20-0.49		0.20-0.60	11.0-20%			
Criteria for poor outcome (P)	<0.20	<50% in same quartile; ≥10% in opposite quartile	<0.20	>20%	P≤0.05	P≤0.05	
1st trimester							
Energy	A	P-G	A	G	P	G	2
Carbohydrates	A	P-G	A	G	G	G	1
Fat	A	P-G	A	G	P	G	2
Proteins	G	P-G	A	G	G	G	1
% Carbohydrates	A	P-G	A	G	G	G	1
% Fat	P	P-P	P	G	G	G	4
% Proteins	A	P-G	A	G	G	G	1
Saturated fatty acids	A	P-G	A	A	P	G	2
Cholesterol	A	P-G	A	G	G	G	1
Vitamin A	A	P-G	P	G	G	G	2

	Individual level			Group level			Total of poor outcomes	
	Association		Agreement		Agreement			Presence of bias
	Pearson coefficient	Cross-classification	Kappa score	% difference	T-test	Bland-Altman		
Thiamin	A	P-G	A	G	G	P	2	
Riboflavin	G	P-G	A	G	P	G	2	
Niacin	A	P-G	A	G	G	G	1	
VitB6	A	P-G	A	G	G	G	1	
Folic Acid	P	P-P	P	G	G	G	4	
Vitamin B12	P	P-G	P	G	G	G	3	
Vitamin C	A	P-G	A	G	G	P	2	
Vitamin D	G	P-G	P	P	P	G	4	
Magnesium	A	P-G	A	G	G	G	1	
Phosphorus	G	P-G	A	G	P	G	2	
Zinc	A	P-G	A	G	G	G	1	
Iron	A	P-G	A	G	G	G	1	
Calcium	G	P-G	A	P	P	G	3	
Potassium	A	P-G	A	G	G	G	1	
Sodium	A	P-G	A	A	P	G	2	
Fibres	G	P-G	A	G	G	G	1	
Total of poor outcomes	3	26-2	5	2	8	2	48	
Average							1.9	
3rd trimester								
Energy	G	P-G	A	G	G	G	1	
Carbohydrates	G	P-G	A	G	G	P	2	
Fat	A	P-G	A	G	G	G	1	

	Individual level			Group level			Total of poor outcomes
	Association	Agreement		Agreement	Presence of bias		
	Pearson coefficient	Cross-classification	Kappa score	% difference	T-test	Bland-Altman	
Proteins	G	P-G	A	G	G	G	1
% Carbohydrates	G	G-G	A	G	G	P	1
% Fat	A	P-G	A	G	P	P	3
% Proteins	G	P-G	A	G	G	G	1
Saturated fatty acids	G	P-G	A	A	P	G	2
Cholesterol	G	P-G	A	G	P	G	2
Vitamin A	A	G-G	A	G	G	G	0
Thiamin	G	P-G	A	G	G	P	2
Riboflavin	G	P-G	A	G	G	G	1
Niacin	G	P-G	A	G	G	P	2
VitB6	A	P-G	A	G	P	P	3
Folic Acid	G	P-G	A	G	G	P	2
Vitamin B12	A	P-G	A	G	G	G	1
Vitamin C	G	P-G	A	G	G	G	1
Vitamin D	A	G-G	A	A	P	G	1
Magnesium	G	P-G	A	G	P	G	2
Phosphorus	G	P-G	A	G	P	G	2
Zinc	A	P-G	A	G	G	G	1
Iron	G	P-G	A	G	G	G	1
Calcium	G	P-G	A	P	P	G	3
Potassium	G	P-G	A	G	G	G	1
Sodium	G	P-G	A	G	G	G	1

	Individual level			Group level			Total of poor outcomes
	Association	Agreement	Agreement	Agreement	Agreement	Presence of bias	
	Pearson coefficient	Cross-classification	Kappa score	% difference	T-test	Bland-Altman	
Fibres	G	G-G	A	G	G	P	1
Total of poor outcomes	0	22-0	0	1	8	8	39
Average							1.5

Conclusion

Bien que plusieurs études aient démontré l'importance d'une alimentation adéquate durant la grossesse, les femmes enceintes semblent avoir encore de la difficulté à atteindre les recommandations nutritionnelles en certains macro et micronutriments [102]. Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité alimentaire et l'adhésion aux recommandations des femmes enceintes et c'est pourquoi il est aujourd'hui toujours pertinent, tel que discuté dans l'introduction de ce mémoire, d'effectuer un suivi du statut nutritionnel des femmes enceintes. La détection d'apports nutritionnels excessifs ou insuffisants dès le premier trimestre de grossesse pourrait ainsi mener à une prise en charge nutritionnelle favorisant une grossesse en santé et une diminution des complications de grossesse. Cependant, l'évaluation précise des apports alimentaires durant la grossesse est encore considérée comme une tâche complexe qui requiert beaucoup de temps. Ainsi, la présente étude s'est intéressée à l'utilisation répétée d'un nouvel outil Web d'évaluation alimentaire, le R24W, auprès d'une population de femmes enceintes.

L'objectif principal de ce mémoire était donc d'évaluer la validité relative du R24W durant la grossesse. Nous avons démontré que le R24W permet d'estimer les apports alimentaires des femmes enceintes avec une exactitude comparable à celle d'un JA et ce, à chaque trimestre de grossesse. Il est toutefois important de souligner que le R24W s'est avéré moins approprié pour évaluer les apports alimentaires en vitamine D, zinc et acide folique, pour lesquels les mesures d'association et d'accord entre les deux outils étaient faibles selon les critères établis par Lombard et al. (2015) [128]. Il aurait alors pu être pertinent d'utiliser des biomarqueurs nutritionnels pour évaluer de façon plus objective la capacité du R24W à estimer les apports alimentaires de ces micronutriments [79, 82, 83, 142]. En effet, puisque

le JA se base aussi sur des mesures subjectives des apports alimentaires, il ne permet pas d'évaluer la capacité du R24W à refléter les apports alimentaires réels d'une population. La combinaison du JA et des biomarqueurs nutritionnels aurait donc pu constituer une meilleure méthode de référence que le JA seul, plus particulièrement pour évaluer la validité du R24W pour estimer les apports alimentaires en vitamine D, zinc et acide folique. Cependant, il est intéressant de mentionner que les multivitamines prénatales fournissent parfois un plus grand apport en micronutriments que l'alimentation à elle seule [9, 102]. En ce sens, la prise ou non d'une multivitamine prénatale représente probablement un meilleur indicateur que le JA ou le R24W du statut nutritionnel en vitamine D, zinc et acide folique des femmes enceintes. Ainsi, les analyses statistiques moins concluantes observées pour ces nutriments ne représentent pas nécessairement une limite importante à l'évaluation des apports alimentaires durant la grossesse. La prise de suppléments en vitamines et minéraux a été mesurée dans le cadre du projet ANGE, mais, puisque ce mémoire visait à évaluer la validité relative du R24W et non l'adéquation aux recommandations nutritionnelles des femmes enceintes, ces données n'y sont pas présentées.

Nous avons également démontré que le R24W présentait une bonne validité au niveau de groupe, ce qui signifie que les apports alimentaires mesurés suite à son utilisation reflètent adéquatement les apports alimentaires usuels d'un groupe. Ce type de validité est utile et nécessaire dans le cadre d'études épidémiologiques [128, 139]. En effet, dans un contexte d'épidémiologie nutritionnelle, on ne cherche pas à mesurer et à évaluer l'apport d'une seule personne en un nutriment spécifique, mais plutôt à obtenir un portrait global du statut nutritionnel d'une population. D'un autre côté, il a été suggéré qu'en recherche, l'utilisation combinée d'un QFA et de R24H répétés serait la méthode idéale pour mesurer les apports

alimentaires usuels d'une population [85, 143, 144]. Il est vrai que le QFA permet d'obtenir des informations sur des aliments moins fréquemment consommés qui pourraient ne pas être rapportés au cours des journées où les R24H sont complétés. De plus, la variabilité intra individuelle et journalière des apports alimentaires est peut-être moins importante lorsque le QFA est utilisé, puisque celui-ci couvre une plus grande période que les R24H. Il pourrait alors être intéressant d'évaluer les apports alimentaires des femmes enceintes à l'aide de trois R24W suivis d'un QFA qui couvrirait la période durant laquelle les R24H ont été complétés. De cette façon, la représentativité et l'exactitude des apports alimentaires mesurés seraient peut-être moins affectées par des facteurs influençant la variabilité des apports alimentaires, comme la présence de nausées et de vomissements. Un projet futur visant à évaluer l'alimentation usuelle d'une population de femmes enceintes gagnerait donc à utiliser cette combinaison.

Dans un autre ordre d'idées, de plus en plus de femmes entament aujourd'hui leur grossesse avec un excès de poids, les plaçant ainsi à risque de GPG excessif et de développer, entre autres, un DG [145, 146]. Kowal et al. (2011) ont par ailleurs observé que parmi leur échantillon de 6233 femmes canadiennes, près de la moitié (48,7%) excédait les recommandations de GPG et ce, peu importe leur IMC pré-grossesse [147]. Morisset et al. (2017) ont observé des résultats similaires au Québec, alors que 51% des 1145 femmes enceintes étudiées ont gagné du poids de façon excessive durant leur grossesse [148]. Ce pourcentage était plus élevé chez les femmes qui avaient débuté leur grossesse en étant obèses (68%) ou en surpoids (75%). Ces observations alarmantes s'ajoutent aux études déjà publiées sur le sujet et appuient la nécessité d'élaborer des interventions efficaces pour assurer un GPG adéquat [149, 150]. Tel que discuté dans l'introduction de ce mémoire, les

femmes à risque de GPG excessif et d'autres complications de grossesse associées bénéficieraient grandement d'une prise en charge nutritionnelle dès le premier trimestre de grossesse [151]. En effet, les interventions nutritionnelles sont parmi les plus efficaces pour contrôler le GPG [73, 152]. Ainsi, l'utilisation du R24W auprès de femmes à risque de GPG excessif pourrait permettre d'évaluer leur alimentation de façon précise afin de cibler l'intervention nutritionnelle à privilégier. Un suivi nutritionnel pourrait ensuite être effectué, parallèlement à un suivi du GPG, afin de s'assurer de la qualité de l'alimentation et de l'adhésion de la femme enceinte à l'intervention nutritionnelle.

Tout au long de ce mémoire, l'importance d'une évaluation adéquate des apports alimentaires a surtout été justifiée par l'impact de l'alimentation sur la santé de la mère et le déroulement de la grossesse. Cependant, il est bien connu que l'environnement intra-utérin a un impact tout aussi important sur le développement et la santé du bébé à court et à long terme [153, 154]. Il est donc possible qu'un statut nutritionnel inadéquat et qu'une faible qualité de l'alimentation ait des conséquences néfastes pour le nouveau-né, mais également pour l'enfant et l'adulte qu'il deviendra [63, 64, 153, 155]. Dans une perspective plus globale, il est d'autant plus crucial de surveiller avec précision les apports nutritionnels des femmes enceintes afin de s'assurer qu'ils fournissent tous les nutriments nécessaires au développement du fœtus et à l'accouchement d'un nouveau-né en santé. À cet effet, des R24W administrés à plusieurs reprises devraient également être combinés à un questionnaire sur la prise de suppléments alimentaires durant la grossesse. Les apports nutritionnels totaux des femmes enceintes pourront ainsi être évalués, ce qui permettra de refléter adéquatement leur statut nutritionnel et d'orienter les avenues de traitement nutritionnel, s'il y a lieu.

En résumé, ce mémoire a permis d'enrichir la littérature existante concernant l'évaluation des apports alimentaires durant la grossesse, en plus de démontrer la validité relative d'un outil Web pour estimer les apports usuels des femmes enceintes à chaque trimestre de grossesse. L'utilisation du R24W permet d'obtenir des données valides sur l'alimentation des femmes enceintes, qui pourront servir de base à de futures études épidémiologiques. Les apports mesurés par le R24W pourront également être comparés aux apports nutritionnels de références (micronutriments) et à l'étendue des valeurs acceptables (macronutriments), afin d'évaluer l'adhésion des femmes enceintes aux recommandations nutritionnelles en vigueur et d'aider à la caractérisation de leur statut nutritionnel global. Le R24W pourrait d'ailleurs être utilisé dans un contexte clinique, en combinaison avec un questionnaire sur la prise de suppléments en vitamines et minéraux, afin d'améliorer le suivi nutritionnel des femmes enceintes et ainsi favoriser le bon déroulement de la grossesse et la naissance d'un bébé en santé, ce qui, ultimement, améliorerait la santé des générations futures.

Bibliographie du chapitre I et de la conclusion

1. Symonds, M.E. and Ramsay, M.M., *Maternal-fetal nutrition during pregnancy and lactation*. 2010, New York: Cambridge University Press.
2. Tan, E.K. and Tan, E.L., *Alterations in physiology and anatomy during pregnancy*. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*, 2013. **27**(6): p. 791-802.
3. Augustine, R.A., Ladyman, S.R., and Grattan, D.R., *From feeding one to feeding many: hormone-induced changes in bodyweight homeostasis during pregnancy*. *J.Physiol*, 2008. **586**(2): p. 387-397.
4. Fowles, E.R. and Fowles, S.L., *Healthy eating during pregnancy: determinants and supportive strategies*. *J Community Health Nurs*, 2008. **25**(3): p. 138-52.
5. Butte, N.F. and King, J.C., *Energy requirements during pregnancy and lactation*. *Public Health Nutr*, 2005. **8**(7A): p. 1010-27.
6. Institute of Medicine, *Energy Requirements, Energy Intake, and Associated Weight Gain during Pregnancy*, in *Nutrition During Pregnancy: Part I Weight Gain: Part II Nutrient Supplements*. 1990, National Academies Press: Washington DC.
7. Otten, J., Hellwig, J., and Meyers, L., *Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements* Institute of Medicine, National Academies Press ed. 2006, Washington DC.
8. Gernand, A.D., et al., *Micronutrient deficiencies in pregnancy worldwide: health effects and prevention*. *Nat Rev Endocrinol*, 2016. **12**(5): p. 274-89.
9. Santé Canada. *Lignes directrices sur la nutrition pendant la grossesse à l'intention des professionnels de la santé - Renseignements relatifs au Guide alimentaire canadien*. 2009 [cited 2018 November 27th]; Available from: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/rapports-publications/nutrition-saine-alimentation/lignes-directrices-nutrition-pendant-grossesse-intention-professionnels-sante-renseignements-relatifs-guide-alimentaire-canadien-2009.html>.
10. Morisset, A.S. and Robitaille, J., *Femmes enceintes*, in *Manuel de nutrition clinique en ligne*. 2015, Ordre Professionnel des Diététistes du Québec: Montréal.
11. Jebeile, H., et al., *A systematic review and meta-analysis of energy intake and weight gain in pregnancy*. *Am J Obstet Gynecol*, 2015.
12. Brunton, P.J. and Russell, J.A., *The expectant brain: adapting for motherhood*. *Nat Rev Neurosci*, 2008. **9**(1): p. 11-25.
13. Ladyman, S.R., Augustine, R.A., and Grattan, D.R., *Hormone interactions regulating energy balance during pregnancy*. *J Neuroendocrinol*, 2010. **22**(7): p. 805-17.
14. Crozier, S.R., et al., *Nausea and vomiting in early pregnancy: Effects on food intake and diet quality*. *Matern Child Nutr*, 2016.
15. Einarson, T.R., Piwko, C., and Koren, G., *Quantifying the global rates of nausea and vomiting of pregnancy: a meta analysis*. *J Popul Ther Clin Pharmacol*, 2013. **20**(2): p. e171-83.
16. Chortatos, A., et al., *Nausea and vomiting in pregnancy: associations with maternal gestational diet and lifestyle factors in the Norwegian Mother and Child Cohort Study*. *BJOG*, 2013. **120**(13): p. 1642-53.
17. Latva-Pukkila, U., Isolauri, E., and Laitinen, K., *Dietary and clinical impacts of nausea and vomiting during pregnancy*. *J Hum Nutr Diet*, 2010. **23**(1): p. 69-77.

18. Pepper, G.V. and Craig Roberts, S., *Rates of nausea and vomiting in pregnancy and dietary characteristics across populations*. Proc Biol Sci, 2006. **273**(1601): p. 2675-9.
19. Bayley, T.M., et al., *Food cravings and aversions during pregnancy: relationships with nausea and vomiting*. Appetite, 2002. **38**(1): p. 45-51.
20. Pope, J.F., Skinner, J.D., and Carruth, B.R., *Cravings and aversions of pregnant adolescents*. J Am Diet Assoc, 1992. **92**(12): p. 1479-82.
21. Hook, E.B., *Dietary cravings and aversions during pregnancy*. Am J Clin Nutr, 1978. **31**(8): p. 1355-62.
22. Nyaruhucha, C.N., *Food cravings, aversions and pica among pregnant women in Dar es Salaam, Tanzania*. Tanzan J Health Res, 2009. **11**(1): p. 29-34.
23. Wijewardene, K., Fonseka, P., and Goonaratne, C., *Dietary cravings and aversions during pregnancy*. Indian J Public Health, 1994. **38**(3): p. 95-8.
24. Orloff, N.C. and Hormes, J.M., *Pickles and ice cream! Food cravings in pregnancy: hypotheses, preliminary evidence, and directions for future research*. Front Psychol, 2014. **5**: p. 1076.
25. Belzer, L.M., et al., *Food cravings and intake of sweet foods in healthy pregnancy and mild gestational diabetes mellitus. A prospective study*. Appetite, 2010. **55**(3): p. 609-15.
26. Flaxman, S.M. and Sherman, P.W., *Morning sickness: a mechanism for protecting mother and embryo*. Q Rev Biol, 2000. **75**(2): p. 113-48.
27. Farland, L.V., Rifas-Shiman, S.L., and Gillman, M.W., *Early Pregnancy Cravings, Dietary Intake, and Development of Abnormal Glucose Tolerance*. J Acad Nutr Diet, 2015. **115**(12): p. 1958-1964 e1.
28. Orloff, N.C., et al., *Food cravings in pregnancy: Preliminary evidence for a role in excess gestational weight gain*. Appetite, 2016. **105**: p. 259-65.
29. Hill, A.J. and McCance, D.R., *Anthropometric and nutritional associations of food cravings in pregnancy*. Pregnancy Hypertens, 2014. **4**(3): p. 235.
30. Bradley, C.S., et al., *Constipation in pregnancy: prevalence, symptoms, and risk factors*. Obstet Gynecol, 2007. **110**(6): p. 1351-7.
31. Naumann, C.R., et al., *Nausea, vomiting, and heartburn in pregnancy: a prospective look at risk, treatment, and outcome*. J Matern Fetal Neonatal Med, 2012. **25**(8): p. 1488-93.
32. Ramu, B., et al., *Prevalence and risk factors for gastroesophageal reflux in pregnancy*. Indian J Gastroenterol, 2011. **30**(3): p. 144-7.
33. Vazquez, J.C., *Constipation, haemorrhoids, and heartburn in pregnancy*. BMJ Clin Evid, 2010. **2010**.
34. Hill, B., et al., *A conceptual model of psychosocial risk and protective factors for excessive gestational weight gain*. Midwifery, 2013. **29**(2): p. 110-4.
35. Heery, E., et al., *Effects of dietary restraint and weight gain attitudes on gestational weight gain*. Appetite, 2016. **107**: p. 501-510.
36. Siega-Riz, A.M., et al., *Nutrient and food group intakes of women with and without bulimia nervosa and binge eating disorder during pregnancy*. Am J Clin Nutr, 2008. **87**(5): p. 1346-55.
37. Fuller-Tyszkiewicz, M., et al., *Body dissatisfaction during pregnancy: a systematic review of cross-sectional and prospective correlates*. J Health Psychol, 2013. **18**(11): p. 1411-21.

38. Hartley, E., et al., *Psychosocial risk factors for excessive gestational weight gain: A systematic review*. Women Birth, 2015. **28**(4): p. e99-e109.
39. Bodnar, L.M., et al., *Prepregnancy body mass index, gestational weight gain, and the likelihood of major depressive disorder during pregnancy*. J Clin Psychiatry, 2009. **70**(9): p. 1290-6.
40. Bagheri, M., et al., *Pre-pregnancy body size dissatisfaction and excessive gestational weight gain*. Matern Child Health J, 2013. **17**(4): p. 699-707.
41. Webb, J.B., Siega-Riz, A.M., and Dole, N., *Psychosocial determinants of adequacy of gestational weight gain*. Obesity (Silver Spring), 2009. **17**(2): p. 300-9.
42. Arkkola, T., et al., *Dietary intake and use of dietary supplements in relation to demographic variables among pregnant Finnish women*. Br J Nutr, 2006. **96**(5): p. 913-20.
43. Forster, D.A., et al., *The use of folic acid and other vitamins before and during pregnancy in a group of women in Melbourne, Australia*. Midwifery, 2009. **25**(2): p. 134-46.
44. Nelson, C.R., Leon, J.A., and Evans, J., *The relationship between awareness and supplementation: which Canadian women know about folic acid and how does that translate into use?* Can J Public Health, 2014. **105**(1): p. e40-6.
45. Nilsen, R.M., et al., *Patterns and predictors of folic acid supplement use among pregnant women: the Norwegian Mother and Child Cohort Study*. Am J Clin Nutr, 2006. **84**(5): p. 1134-41.
46. Pouchieu, C., et al., *Socioeconomic, lifestyle and dietary factors associated with dietary supplement use during pregnancy*. PLoS One, 2013. **8**(8): p. e70733.
47. Laraia, B.A., et al., *Proximity of supermarkets is positively associated with diet quality index for pregnancy*. Prev Med, 2004. **39**(5): p. 869-75.
48. Nash, D.M., et al., *Determinants of diet quality in pregnancy: sociodemographic, pregnancy-specific, and food environment influences*. J Nutr Educ Behav, 2013. **45**(6): p. 627-34.
49. Martin, J.C., et al., *The Assessment of Diet Quality and Its Effects on Health Outcomes Pre-pregnancy and during Pregnancy*. Semin Reprod Med, 2016. **34**(2): p. 83-92.
50. Procter, S.B. and Campbell, C.G., *Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: nutrition and lifestyle for a healthy pregnancy outcome*. J Acad Nutr Diet, 2014. **114**(7): p. 1099-103.
51. Goh, Y.I. and Koren, G., *Folic acid in pregnancy and fetal outcomes*. J Obstet Gynaecol, 2008. **28**(1): p. 3-13.
52. Breymann, C., *Iron Deficiency Anemia in Pregnancy*. Semin Hematol, 2015. **52**(4): p. 339-47.
53. Palacios, C., et al., *Vitamin D supplementation during pregnancy: Updated meta-analysis on maternal outcomes*. J Steroid Biochem Mol Biol, 2016. **164**: p. 148-155.
54. Thorne-Lyman, A. and Fawzi, W.W., *Vitamin D during pregnancy and maternal, neonatal and infant health outcomes: a systematic review and meta-analysis*. Paediatr Perinat Epidemiol, 2012. **26 Suppl 1**: p. 75-90.
55. Zhang, M.X., et al., *Vitamin D Deficiency Increases the Risk of Gestational Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis of Observational Studies*. Nutrients, 2015. **7**(10): p. 8366-75.

56. Zhou, S.S., et al., *Vitamin D and risk of preterm birth: Up-to-date meta-analysis of randomized controlled trials and observational studies*. J Obstet Gynaecol Res, 2017. **43**(2): p. 247-256.
57. Whitney, E.N., Cataldo, C.B., and Rolfes, S.R., *Understanding normal and clinical nutrition*. 6th ed. 2002, Belmont, CA: Wadsworth. xxiv, 875, [246] p.
58. Lu, M., et al., *Association between vitamin D status and the risk of gestational diabetes mellitus: a meta-analysis*. Arch Gynecol Obstet, 2016. **293**(5): p. 959-66.
59. in *Guideline: Vitamin D Supplementation in Pregnant Women*. 2012: Geneva.
60. Savard, C., Gagnon, C., and Morisset, A.-S., *Disparities in the timing and measurement methods to assess vitamin D status during pregnancy: A Narrative Review*. International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 2018(In Press).
61. Morisset, A.S., et al., *Dietary intakes in the nutritional management of gestational diabetes mellitus*. Can J Diet Pract Res, 2014. **75**(2): p. 64-71.
62. Schoenaker, D.A., et al., *The Role of Energy, Nutrients, Foods, and Dietary Patterns in the Development of Gestational Diabetes Mellitus: A Systematic Review of Observational Studies*. Diabetes Care, 2016. **39**(1): p. 16-23.
63. Grandy, M., et al., *Poorer maternal diet quality and increased birth weight()*. J Matern Fetal Neonatal Med, 2017: p. 1-7.
64. Shapiro, A.L., et al., *Maternal diet quality in pregnancy and neonatal adiposity: the Healthy Start Study*. Int J Obes (Lond), 2016. **40**(7): p. 1056-62.
65. Abrams, B., *Weight gain and energy intake during pregnancy*. Clin Obstet Gynecol, 1994. **37**(3): p. 515-27.
66. Brunner, S., et al., *Excessive gestational weight gain prior to glucose screening and the risk of gestational diabetes: a meta-analysis*. Diabetologia, 2015. **58**(10): p. 2229-37.
67. Dietz, P.M., Callaghan, W.M., and Sharma, A.J., *High pregnancy weight gain and risk of excessive fetal growth*. Am J Obstet Gynecol, 2009. **201**(1): p. 51 e1-6.
68. Langford, A., et al., *Does gestational weight gain affect the risk of adverse maternal and infant outcomes in overweight women?* Matern Child Health J, 2011. **15**(7): p. 860-5.
69. Stuebe, A.M., Oken, E., and Gillman, M.W., *Associations of diet and physical activity during pregnancy with risk for excessive gestational weight gain*. Am J Obstet Gynecol, 2009. **201**(1): p. 58 e1-8.
70. Uusitalo, U., et al., *Unhealthy dietary patterns are associated with weight gain during pregnancy among Finnish women*. Public Health Nutr, 2009. **12**(12): p. 2392-9.
71. Tielemans, M.J., et al., *Macronutrient composition and gestational weight gain: a systematic review*. Am J Clin Nutr, 2016. **103**(1): p. 83-99.
72. Shatenstein, B., et al., *Relative validity of a food frequency questionnaire for pregnant women*. Can J Diet Pract Res, 2011. **72**(2): p. 60-9.
73. Thangaratnam, S., et al., *Interventions to reduce or prevent obesity in pregnant women: a systematic review*. Health Technol.Assess., 2012. **16**(31): p. 1-192.
74. Cole, Z.A., et al., *Maternal dietary patterns during pregnancy and childhood bone mass: a longitudinal study*. J Bone Miner Res, 2009. **24**(4): p. 663-8.
75. Fowles, E.R., *Prenatal nutrition and birth outcomes*. J Obstet Gynecol Neonatal Nurs, 2004. **33**(6): p. 809-22.
76. Gardiner, P.M., et al., *The clinical content of preconception care: nutrition and dietary supplements*. Am J Obstet Gynecol, 2008. **199**(6 Suppl 2): p. S345-56.

77. Shapira, N., *Prenatal nutrition: a critical window of opportunity for mother and child*. Womens Health (Lond), 2008. **4**(6): p. 639-56.
78. Kirkpatrick, S.I. and Collins, C.E., *Assessment of Nutrient Intakes: Introduction to the Special Issue*. Nutrients, 2016. **8**(4): p. 184.
79. Gibson, R.S., *Principles of nutritional assessment*. 2005, Oxford University Press: Oxford ; New York. p. xx, 908 p.
80. Truswell, A.S., *Assessment of nutritional status and biomarkers*, in *Essentials of human nutrition*. 2012, Oxford University Press: Oxford.
81. Margetts, B.M. and Nelson, M., *Design concepts in nutritional epidemiology*. 1997, Oxford University Press: Oxford. p. xv, 451 p.
82. Wild, C.P., et al., *A critical evaluation of the application of biomarkers in epidemiological studies on diet and health*. Br J Nutr, 2001. **86 Suppl 1**: p. S37-53.
83. Burrows, T.L., et al., *A Systematic Review of Technology-Based Dietary Intake Assessment Validation Studies That Include Carotenoid Biomarkers*. Nutrients, 2017. **9**(2).
84. Savolainen, O., et al., *Biomarkers of food intake and nutrient status are associated with glucose tolerance status and development of type 2 diabetes in older Swedish women*. Am J Clin Nutr, 2017. **106**(5): p. 1302-1310.
85. Thompson, F.E., et al., *Need for technological innovation in dietary assessment*. J Am Diet Assoc, 2010. **110**(1): p. 48-51.
86. Willet, W.C., *Nutritional Epidemiology*. 3rd ed. 2013, New York: Oxford University Press. 529.
87. Vian, I., et al., *Development and validation of a food frequency questionnaire for consumption of polyphenol-rich foods in pregnant women*. Matern Child Nutr, 2015. **11**(4): p. 511-24.
88. Cade, J., et al., *Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires - a review*. Public Health Nutr, 2002. **5**(4): p. 567-87.
89. Hunter, D.J., et al., *Variability in portion sizes of commonly consumed foods among a population of women in the United States*. Am J Epidemiol, 1988. **127**(6): p. 1240-9.
90. Clover, E., et al., *Relative validation of a short food frequency questionnaire to assess calcium intake in older adults*. Aust N Z J Public Health, 2007. **31**(5): p. 450-8.
91. Thompson, F.E. and Subar, A.F., *Dietary assessment methodology*, in *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. 2001, Academic Press: San Diego. p. 3-19.
92. Kipnis, V., et al., *Bias in dietary-report instruments and its implications for nutritional epidemiology*. Public Health Nutr, 2002. **5**(6A): p. 915-23.
93. Rebro, S.M., et al., *The effect of keeping food records on eating patterns*. J Am Diet Assoc, 1998. **98**(10): p. 1163-5.
94. Gersovitz, M., Madden, J.P., and Smiciklas-Wright, H., *Validity of the 24-hr. dietary recall and seven-day record for group comparisons*. J Am Diet Assoc, 1978. **73**(1): p. 48-55.
95. Dennis, B., et al., *The NHLBI nutrition data system*. J Am Diet Assoc, 1980. **77**(6): p. 641-7.
96. Dodd, K.W., et al., *Statistical methods for estimating usual intake of nutrients and foods: a review of the theory*. J Am Diet Assoc, 2006. **106**(10): p. 1640-50.

97. Hartman, A.M., et al., *Variability in nutrient and food intakes among older middle-aged men. Implications for design of epidemiologic and validation studies using food recording*. Am J Epidemiol, 1990. **132**(5): p. 999-1012.
98. Jacques, S., *Développement d'un rappel de 24 heures sur une plate-forme Web*. 2015, Mémoire (M.Sc.), Université Laval: Québec. xv, 64 pages.
99. Coulston, A.M. and Boushey, C.J., *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. 2008, Amsterdam: Academic Press.
100. Ortiz-Andrellucchi, A., et al., *Dietary assessment methods for micronutrient intake in pregnant women: a systematic review*. Br J Nutr, 2009. **102 Suppl 1**: p. S64-86.
101. Moran, V.H., et al., *The relationship between zinc intake and serum/plasma zinc concentration in pregnant and lactating women: a systematic review with dose-response meta-analyses*. J Trace Elem Med Biol, 2012. **26**(2-3): p. 74-9.
102. Dubois, L., et al., *Adequacy of nutritional intake from food and supplements in a cohort of pregnant women in Quebec, Canada: the 3D Cohort Study (Design, Develop, Discover)*. Am J Clin Nutr, 2017. **106**(2): p. 541-548.
103. Vezina-Im, L.A., et al., *Validity and reliability of a brief self-reported questionnaire assessing fruit and vegetable consumption among pregnant women*. BMC Public Health, 2016. **16**: p. 982.
104. Sutor, C.W., et al., *Dietary Reference Intakes Research Synthesis Workshop summary*. 2007, National Academies Press: Washington, DC.
105. Santé Canada. *Enquête canadienne sur l'utilisation de l'Internet (ECUI)*. 2013 [cited 2017 December]; Available from: http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=4432.
106. Illner, A.K., et al., *Review and evaluation of innovative technologies for measuring diet in nutritional epidemiology*. Int J Epidemiol, 2012. **41**(4): p. 1187-203.
107. Six, B.L., et al., *Evidence-based development of a mobile telephone food record*. J Am Diet Assoc, 2010. **110**(1): p. 74-9.
108. Touvier, M., et al., *Comparison between an interactive web-based self-administered 24 h dietary record and an interview by a dietitian for large-scale epidemiological studies*. Br J Nutr, 2011. **105**(7): p. 1055-64.
109. Thompson, F.E., et al., *Comparison of Interviewer-Administered and Automated Self-Administered 24-Hour Dietary Recalls in 3 Diverse Integrated Health Systems*. Am J Epidemiol, 2015. **181**(12): p. 970-8.
110. Naska, A., Lagiou, A., and Lagiou, P., *Dietary assessment methods in epidemiological research: current state of the art and future prospects*. F1000Res, 2017. **6**: p. 926.
111. Shim, J.S., Oh, K., and Kim, H.C., *Dietary assessment methods in epidemiologic studies*. Epidemiol Health, 2014. **36**: p. e2014009.
112. Raper, N., et al., *An overview of USDA's Dietary Intake Data System*. J Food Compos Anal, 2004. **17**(2004): p. 545-555.
113. Conway, J.M., et al., *Effectiveness of the US Department of Agriculture 5-step multiple-pass method in assessing food intake in obese and nonobese women*. Am J Clin Nutr, 2003. **77**(5): p. 1171-8.
114. Moshfegh, A.J., et al., *The US Department of Agriculture Automated Multiple-Pass Method reduces bias in the collection of energy intakes*. Am J Clin Nutr, 2008. **88**(2): p. 324-32.

115. Rhodes, D.G., et al., *The USDA Automated Multiple-Pass Method accurately assesses population sodium intakes*. Am J Clin Nutr, 2013. **97**(5): p. 958-64.
116. Arab, L., et al., *Eight self-administered 24-hour dietary recalls using the Internet are feasible in African Americans and Whites: the energetics study*. J Am Diet Assoc, 2010. **110**(6): p. 857-64.
117. Slimani, N., et al., *The standardized computerized 24-h dietary recall method EPIC-Soft adapted for pan-European dietary monitoring*. Eur J Clin Nutr, 2011. **65 Suppl 1**: p. S5-15.
118. Subar, A.F., et al., *Formative research of a quick list for an automated self-administered 24-hour dietary recall*. J Am Diet Assoc, 2007. **107**(6): p. 1002-7.
119. USDA. *AMPM - USDA Automated Multiple-Pass Method*. 2016 [cited 2017 December]; Available from: <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md/beltsville-human-nutrition-research-center/food-surveys-research-group/docs/ampm-usda-automated-multiple-pass-method/>.
120. Foster, E., et al., *Developing an interactive portion size assessment system (IPSAS) for use with children*. J Hum Nutr Diet, 2014. **27 Suppl 1**: p. 18-25.
121. Kohlmeier, L., et al., *Computer-assisted self-interviewing: a multimedia approach to dietary assessment*. Am J Clin Nutr, 1997. **65**(4 Suppl): p. 1275S-1281S.
122. Tourangeau, R., Rips, L.J., and Rasinski, K.A., *The psychology of survey response*. 2000, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. xiii, 401 p.
123. Timon, C.M., et al., *A review of the design and validation of web- and computer-based 24-h dietary recall tools*. Nutr Res Rev, 2016. **29**(2): p. 268-280.
124. Edwards, S.L., et al., *Development and use of touch-screen audio computer-assisted self-interviewing in a study of American Indians*. Am J Epidemiol, 2007. **165**(11): p. 1336-42.
125. Probst, Y.C. and Tapsell, L.C., *Overview of computerized dietary assessment programs for research and practice in nutrition education*. J Nutr Educ Behav, 2005. **37**(1): p. 20-6.
126. Masson, L.F., et al., *Statistical approaches for assessing the relative validity of a food-frequency questionnaire: use of correlation coefficients and the kappa statistic*. Public Health Nutr, 2003. **6**(3): p. 313-21.
127. Bellach, B., *Remarks on the use of Pearson's correlation coefficient and other association measures in assessing validity and reliability of dietary assessment methods*. Eur J Clin Nutr, 1993. **47 Suppl 2**: p. S42-5.
128. Lombard, M.J., et al., *Application and interpretation of multiple statistical tests to evaluate validity of dietary intake assessment methods*. Nutr J, 2015. **14**: p. 40.
129. Gleason, P.M., et al., *Publishing nutrition research: validity, reliability, and diagnostic test assessment in nutrition-related research*. J Am Diet Assoc, 2010. **110**(3): p. 409-19.
130. Bingham, S.A., et al., *Validation of weighed records and other methods of dietary assessment using the 24 h urine nitrogen technique and other biological markers*. Br J Nutr, 1995. **73**(4): p. 531-50.
131. Kirkpatrick, S.I., et al., *Performance of the Automated Self-Administered 24-hour Recall relative to a measure of true intakes and to an interviewer-administered 24-h recall*. Am J Clin Nutr, 2014. **100**(1): p. 233-40.
132. Hillier, F.C., et al., *The development and evaluation of a novel Internet-based computer program to assess previous-day dietary and physical activity behaviours in*

- adults: the Synchronised Nutrition and Activity Program for Adults (SNAPA)*. Br J Nutr, 2012. **107**(8): p. 1221-31.
133. Lafrenière, J., Lamarche, B., Laramée, C. et al., *Validation of a newly automated web-based 24-hour dietary recall using fully controlled feeding studies*. BMC Nutr, 2017. **3**(34).
 134. McKeown, N.M., et al., *Use of biological markers to validate self-reported dietary intake in a random sample of the European Prospective Investigation into Cancer United Kingdom Norfolk cohort*. Am J Clin Nutr, 2001. **74**(2): p. 188-96.
 135. Comrie, F., Masson, L.F., and McNeill, G., *A novel online Food Recall Checklist for use in an undergraduate student population: a comparison with diet diaries*. Nutr J, 2009. **8**: p. 13.
 136. De Keyzer, W., et al., *Repeated 24-hour recalls versus dietary records for estimating nutrient intakes in a national food consumption survey*. Food Nutr Res, 2011. **55**.
 137. Frankenfeld, C.L., et al., *Dietary intake measured from a self-administered, online 24-hour recall system compared with 4-day diet records in an adult US population*. J Acad Nutr Diet, 2012. **112**(10): p. 1642-7.
 138. Raatz, S.K., et al., *Validity of electronic diet recording nutrient estimates compared to dietitian analysis of diet records: randomized controlled trial*. J Med Internet Res, 2015. **17**(1): p. e21.
 139. Block, G., *A review of validations of dietary assessment methods*. Am J Epidemiol, 1982. **115**(4): p. 492-505.
 140. Ashman, A.M., et al., *Validation of a Smartphone Image-Based Dietary Assessment Method for Pregnant Women*. Nutrients, 2017. **9**(1).
 141. Vézina-Im LA., R.J., *Validity and Reliability of Self-Reported Measures of Foods and Nutrients in Pregnancy: A Systematic Review*. Curr Nutr Rep, 2014. **3**: p. 245-280.
 142. Fraser, G.E., et al., *Biomarkers of Dietary Intake Are Correlated with Corresponding Measures from Repeated Dietary Recalls and Food-Frequency Questionnaires in the Adventist Health Study-2*. J Nutr, 2016. **146**(3): p. 586-94.
 143. Carroll, R.J., et al., *Taking advantage of the strengths of 2 different dietary assessment instruments to improve intake estimates for nutritional epidemiology*. Am J Epidemiol, 2012. **175**(4): p. 340-7.
 144. National Cancer Institute. *Dietary Assessment Primer. Examining the Association between Diet as an Independent Variable & a Dependent Variable*. 2017 [cited 2017 December 10th]; Available from: <https://dietassessmentprimer.cancer.gov/profiles/recall/index.html>.
 145. Gunderson, E.P., *Childbearing and obesity in women: weight before, during, and after pregnancy*. Obstet Gynecol Clin North Am, 2009. **36**(2): p. 317-32, ix.
 146. Kerrigan, A.M. and Kingdon, C., *Maternal obesity and pregnancy: a retrospective study*. Midwifery, 2010. **26**(1): p. 138-46.
 147. Kowal, C., Kuk, J., and Tamim, H., *Characteristics of Weight Gain in Pregnancy Among Canadian Women*. Matern Child Health, 2012. **16**(3): p. 668-76.
 148. Morisset, A.S., et al., *Prepregnancy Body Mass Index as a Significant Predictor of Total Gestational Weight Gain and Birth Weight*. Can J Diet Pract Res, 2017. **78**(2): p. 66-73.
 149. Deputy, N.P., Sharma, A.J., and Kim, S.Y., *Gestational Weight Gain - United States, 2012 and 2013*. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2015. **64**(43): p. 1215-1220.

150. Ferraro, Z.M., et al., *Excessive gestational weight gain predicts large for gestational age neonates independent of maternal body mass index*. J Matern Fetal Neonatal Med, 2012. **25**(5): p. 538-42.
151. Robitaille, J., *Excessive gestational weight gain and gestational diabetes: importance of the first weeks of pregnancy*. Diabetologia, 2015. **58**(10): p. 2203-5.
152. Muktabhant, B., et al., *Diet or exercise, or both, for preventing excessive weight gain in pregnancy*. Cochrane Database Syst Rev, 2015(6): p. CD007145.
153. Barker, D.J., et al., *Fetal origins of adult disease: strength of effects and biological basis*. Int J Epidemiol, 2002. **31**(6): p. 1235-9.
154. Institute of Medicine, *Nutrition during pregnancy*. 1990, National Academies Press: Washington, DC.
155. Rifas-Shiman, S.L., et al., *Dietary quality during pregnancy varies by maternal characteristics in Project Viva: a US cohort*. J Am Diet Assoc, 2009. **109**(6): p. 1004-11.