

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

**RELATION ENTRE LA DÉTRESSE PRÉNATALE, L'ALIMENTATION ET
LE DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT, DE LA NAISSANCE À LA PETITE
ENFANCE, DANS UN PAYS À REVENU FAIBLE-INTERMÉDIAIRE**

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
SCIENCES DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE

PAR
ANN-SOPHIE THERRIEN

NOVEMBRE 2020

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je voudrais remercier la personne sans qui je n'aurais pu écrire ce mémoire, merci à toi Kelsey de m'avoir accepté à la maîtrise en Sciences de l'activité physique et d'avoir cru en moi malgré mon parcours atypique. Merci de m'avoir donné cette merveilleuse opportunité et de m'avoir poussé à mon plein potentiel. Sans toi, je n'aurais probablement pas autant appris et grandis dans ce milieu captivant qu'est la recherche.

Merci à ma famille, vous avez toujours été à mes côtés tout au long de mes études et vous m'avez donné les moyens de réaliser et poursuivre des études et une carrière dans un domaine que j'aime et qui me passionne.

Merci à toi Vincent de m'avoir fait découvrir le milieu de la recherche et de la santé, mais surtout de m'avoir poussé à m'inscrire à la maîtrise malgré toutes les craintes et les doutes que j'ai pu avoir. Tu as cru en moi du début jusqu'à la fin, malgré les hauts et les bas. Je ne te remercierai jamais assez.

Merci à toi Isabelle, tu as su me guider, m'accompagner et m'aider lorsque j'en avais besoin, même en plein milieu d'une tempête hivernale. Sache que ton support et tes conseils furent toujours très appréciés. Je me compte choyée d'avoir eu la chance de travailler à tes côtés.

Merci à tous mes collègues et amis de bureau, ce fut un réel plaisir de partager ces deux années d'études à vos côtés. Vous êtes tous formidables et sans vous ces deux années d'études et de recherche n'auraient jamais passer aussi vite.

Merci Carole et Antoine de toujours être présent pour les étudiants. Votre aide nous est précieuse et je vous remercie de participer à la réalisation de nos projets.

Merci à tous les membres du département des sciences de l'activité physique, votre travail est capital à la réussite de tous les étudiants et vous pouvez en être fiers.

DÉDICACE

Pour toi papa, je sais à quel point tu souhaitais que je réalise de grandes choses afin d'avoir un futur à la hauteur de la personne que tu me disais être. Je sais que tu es fier de moi là-haut et du travail achevé. Ce dernier est pour toi.

TABLES DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	ix
RÉSUMÉ	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCTION	14
CHAPITRE I CADRE CONCEPTUEL	17
1.1 Stress : définition et sources	17
1.1.1 Santé psychosociale	19
1.1.2 Stress, anxiété et dépression.....	20
1.2 Stress : Évaluation	21
1.3 Comment le stress affecte-t-il le fœtus?	22
1.4 Comment le stress affecte-t-il le développement de l'enfant?.....	23
1.5 Effets interactifs du stress et de l'alimentation.....	23
1.6 Problématique	24
1.7 Hypothèse de recherche	25
1.8 Objectif de recherche	26
CHAPITRE II REVUE DE LA LITTÉRATURE	27
2.1 Impact du stress durant la grossesse et les issues de la grossesse dans les pays à revenu faible et intermédiaire.....	27
2.1.1 Prématurité	28

2.1.2	Faible poids de naissance	29
2.2	Impact du stress durant la grossesse et les issues de la grossesse dans les pays à revenu élevé	30
2.2.1	Prématurité	30
2.2.2	Faible poids de naissance	31
2.3	Impact du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant dans les pays à revenu faible et intermédiaire	32
2.3.1	Développement physique de l'enfant.....	33
2.3.2	Développement émotionnel et social de l'enfant	33
2.3.3	Développement psychomoteur de l'enfant.....	34
2.4	Impact du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant dans les pays à revenu élevé	35
2.4.1	Développement physique de l'enfant.....	35
2.4.2	Développement émotionnel et social de l'enfant	36
2.4.3	Développement psychomoteur de l'enfant.....	37
2.5	Synthèse et directions de recherche futures	39
 CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE		41
3.1	Matériels et méthodes	41
3.1.1	Échantillon	41
3.1.2	Collecte de données.....	42
3.2	Analyses.....	44
 CHAPITRE IV ARTICLE 1: RELATIONSHIPS BETWEEN MENTAL HEALTH AND DIET DURING PREGNANCY AND BIRTH OUTCOMES IN A LOWER-MIDDLE INCOME COUNTRY: “HEALTHY MOTHERS, HEALTHY COMMUNITIES” STUDY IN VANUATU		45
 CHAPITRE V ARTICLE 2: RELATIONSHIPS BETWEEN PRENATAL DISTRESS AND INFANT BODY MASS INDEX IN THE FIRST YEAR OF LIFE IN A LOWER-MIDDLE INCOME COUNTRY		70
 CHAPITRE VI IMPLICATIONS, LIMITES, ET DIRECTIONS FUTURES		84
6.1	Implications	84
6.2	Réalités de la recherche dans les PRFI	84
6.3	Limites	86

6.4 Directions futures.....	87
CONCLUSION	88
ANNEXE A TABLEAUX ORIGINAUX SOUMIS POUR PUBLICATION.....	90
ANNEXE B FIGURES ORIGINALES DES ARTICLES SOUMIS POUR PUBLICATION	94
ANNEXE C QUESTIONNAIRE SUR LA SANTÉ PSYCHOSOCIALE ET LA DIVERSITÉ ALIMENTAIRE (BISLAMA)	97
BIBLIOGRAPHIE	102

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1 Sommaire du recrutement et sélection des participantes (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020)	94
2 Relation interactive entre la diversité alimentaire et la détresse sur le poids à la naissance (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020).....	95
3 Relation entre la détresse prénatale et le score Z de l'IMC chez l'enfant (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020)	96

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Caractéristiques de l'échantillon avec les valeurs <i>p</i> testant les différences de moyenne et de fréquence pour les femmes avec des données complète (n=187) et incomplète (n=133) (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020)	90
1.2 Résumé des modèles de régression testant les prédicteurs du poids à la naissance (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020).....	91
1.3 Résumé des modèles de régression testant les prédicteurs de l'âge gestationnel (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020).....	92
2.1 Résumé des modèles de régression testant les prédicteurs de score Z de l'IMC (Therrien, Buffa, Roome, Standard, Pomer, Obed, Taleo, Tarivonda, Chan, Kaneko, Olszowy, Dancause, 2020).....	93

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

CRH : Corticolibérine

IMC : Indice de masse corporelle

PRE : Pays à revenu élevé

PRFI : Pays à revenu faible et intermédiaire

PIB : Produit intérieur brut

RÉSUMÉ

Le stress maternel durant la grossesse est associé à divers issues négatives à la naissance comme un poids plus faible et un âge gestationnel plus court. Les effets à long terme sur la croissance physique sont également évidents. Le stress prénatal prédit une plus grande adiposité et un risque d'obésité élevé durant l'enfance, l'adolescence et l'âge adulte. Cependant, peu d'études analysent le stress et l'alimentation comme variables interactives. De plus, la majorité des études proviennent de pays à revenu élevé. Les résultats peuvent varier dans les pays à revenu faible ou intermédiaire (PRFI), car les sources de stress et les autres facteurs tel que l'alimentation sont grandement différents.

Objectif : Étudier la relation entre le stress et l'alimentation durant la grossesse, les issues de la grossesse, et le développement physique durant la petite enfance dans un pays à revenu faible-intermédiaire.

Méthodologie : En 2016, nous avons analysé la détresse (réactions émotionnelles négatives en réponse au stress) et la diversité alimentaire (marqueur de l'adéquation de l'apport en micronutriments) chez 187 femmes du Vanuatu, un pays à revenu faible-intermédiaire. Nous avons analysé les relations entre la santé psychosociale de la femme et les issues de la grossesse (poids et âge gestationnel à la naissance), en contrôlant pour les caractéristiques sociodémographiques. Nous avons fait un suivi du développement physique chez 54 de ces nourrissons un an plus tard, et analysé les relations entre le stress prénatal et l'alimentation avec l'indice de masse corporelle (IMC).

Résultats : La diversité alimentaire et la détresse ne prédisaient pas directement le poids à la naissance ou l'âge gestationnel. Une relation interactive entre la détresse et la diversité alimentaire sur le poids à la naissance a été trouvée ($p=0.024$, $R^2=0.021$). La détresse a prédict un poids à la naissance plus faible chez les femmes ayant une faible diversité alimentaire. Les résultats de la naissance jusqu'à l'âge de deux ans ont montré une relation curvilinéaire significative entre la détresse prénatale et l'IMC Z-score ($p=0.008$). Les nourrissons exposés à une détresse prénatale faible ou élevée avaient un IMC plus élevé.

Conclusion : Les relations entre le stress et la diète, pourrait représenter des sources d'inconsistances dans les études passées traitant du stress prénatal et du poids à la

naissance dans les pays à revenu faible et intermédiaire (PRFI). Les résultats soulignent l'importance de la santé mentale maternelle sur le poids à la naissance. Les relations interactives entre le stress et la diète représentent une nouvelle voie d'intervention possible qui pourrait adresser le problème d'un faible poids à la naissance dans les PRFI.

Mots clés : santé de la femme et de l'enfant, santé mentale, faible poids à la naissance, origines développementales de la santé et de la maladie

ABSTRACT

A high level of stress during pregnancy is associated with adverse birth outcomes, including lower birthweight and gestational age. Persistent effects on physical growth have also been noted. Prenatal stress predicts greater adiposity and risk of obesity in childhood, adolescence, and adulthood. However, few studies assess both stress and diet, which might have interactive effects. Furthermore, most studies are in high-income countries, though patterns might differ in low- and middle-income countries (LMICs).

Objectives: To analyze relationships between stress and diet during pregnancy, birth outcomes, and infant physical development in a lower-middle income country.

Methods: We assessed distress (negative emotional symptoms of stress) and dietary diversity (a marker of micronutrient adequacy) during pregnancy, and infant weight and gestational age at birth, among 187 women in Vanuatu, a lower-middle income country. We used multivariate linear regression to analyze independent and interactive relationships between distress, dietary diversity, and birth outcomes, controlling for sociodemographic and maternal health covariates. We conducted follow-up of infant body composition among 54 of these infants one year later and analyzed relationships between prenatal stress and diet with infant body mass index (BMI).

Results: There were no direct linear relationships between dietary diversity or distress with infant birthweight or gestational age. We observed interactive relationships between distress and dietary diversity on birthweight ($p=0.024$, $R^2=0.021$). High levels of distress were associated with lower birthweights among women with low dietary diversity. Results in infancy showed a significant curvilinear relationship between prenatal distress and BMI Z-scores ($p=0.008$). BMI was higher among infants exposed to either low or high, compared to moderate, prenatal distress.

Conclusions: Relationships between stress and diet might underlie inconsistencies in past studies of prenatal stress and birthweight in LMICs. Results highlight the importance of maternal mental health on birthweight in LMICs. Interactive relationships between stress and diet might ultimately point to new intervention pathways to address the persistent problem of low birthweight in LMICs.

Keywords: maternal and child health, mental health, low birthweight, developmental origins of health and disease

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, plusieurs recherches ont été faites afin d'étudier la relation entre le stress de la mère durant la grossesse et le développement de l'enfant, de la naissance jusqu'à l'enfance (Barker, 2007). Comme il a été démontré à plusieurs reprises, le stress élevé chez la mère peut prédire un poids plus faible de l'enfant à la naissance (Hobel, Goldstein, & Barrett, 2008). Cela peut aussi augmenter le risque d'un accouchement prématuré, ainsi que diminuer l'âge gestationnel à la naissance. Le stress de la mère est également lié à des effets à long terme sur la santé, tels qu'un risque accru d'adiposité et d'obésité pour l'enfance et un risque accru d'hypertension et de diabète plus tard dans la vie (Entringer et al., 2012; Entringer, Buss, & Wadhwa, 2010). Les résultats peuvent varier en fonction des caractéristiques du nourrisson telles que le sexe (Sutherland & Brunwasser, 2018), ainsi que d'autres caractéristiques de l'environnement maternel comme les habitudes alimentaires (Eriksson, 2005) et le soutien social (Kroska et al., 2018).

Cependant, la majorité des études publiées jusqu'à maintenant proviennent de pays industrialisés, communément appelés pays à revenu élevé (PRE), comme le Canada. Les résultats peuvent varier dans un pays à revenu faible et intermédiaire (PRF-PRI), car les sources de stress et les autres facteurs tels que l'alimentation sont grandement différents (Beydoun & Saftlas, 2008; Glover, O'Connor, & O'Donnell, 2010). Ainsi, un plus grand nombre d'études dans les PRF-PRI est nécessaire, afin de mieux comprendre les conséquences que cela peut apporter sur le développement de l'enfant, mais aussi afin de mieux les aider au travers divers plans de prévention et d'intervention précoces.

Pour commencer à combler cette lacune dans les connaissances, nous avons créé des études longitudinales prospectives sur les caractéristiques de la mère pendant la grossesse, y compris le stress et la santé psychosociale, les habitudes alimentaires et les tendances de l'activité physique, ainsi que leurs relations avec le développement du nourrisson et de l'enfant, dans la République de Vanuatu.

Cet archipel de 83 îles présentait en 2018 une population totale de 285 359 habitants. Le Vanuatu présente une population à revenu faible et intermédiaire où le niveau de développement économique et les infrastructures pour l'éducation et la santé publique sont limités par rapport à la majorité des pays occidentaux. En 2017, le produit intérieur brut (PIB) par habitant était de 3 124\$ US, ce qui fait du Vanuatu un pays classé dans la catégorie des PRFI selon les critères de la Banque Mondiale pour l'année 2018 (World Bank, 2018). En 2018, la charte du PIB par capital était divisée en quatre grandes catégories : les pays à faible revenu, qui représentent les pays avec un revenu inférieur à 1 026\$ US; les pays à revenu faible-intermédiaire, qui représentent les pays avec un revenu entre 1 026\$ à 3 995\$ US; les pays à revenu intermédiaire-elevé, qui représentent les pays avec un revenu entre 3 996\$ et 12 375\$ US; et finalement, les pays à revenu élevé, qui représentent les pays avec un revenu supérieur à 12 375\$ US (World Bank, 2018). Pour ce qui est du niveau d'éducation, il était noté qu'en 2017, seulement 50% de la population au Vanuatu avait terminé des études primaires, 25% avaient des études secondaires et 4% possédaient des études universitaires (Population Data, 2018).

L'objectif de cette étude est d'analyser les relations entre le stress et les habitudes alimentaires pendant la grossesse, chez les femmes du Vanuatu, ainsi que leur relation avec les caractéristiques du nourrisson à la naissance et jusqu'à l'âge d'un an. Des données sur la santé psychosociale prénatale et postpartum ont été récoltées, ainsi que des données sur la diversité alimentaire. Pour l'enfant, le poids à la naissance et l'âge

gestationnel a été récupéré à la naissance. De plus, des mesures anthropométriques ont été prises chez l'enfant durant la petite enfance.

Deux questions de recherche ont été posées en lien avec l'étude, la première étant d'analyser les relations entre la détresse prénatale et l'alimentation avec les caractéristiques du nourrisson à la naissance. La deuxième question de recherche est de déterminer les conséquences de ces caractéristiques sur le développement physique du nourrisson, spécifiquement les mesures anthropométriques jusqu'à l'âge d'un an. Les réponses obtenues permettront de mieux comprendre l'environnement dans lequel les femmes vivent leur grossesse, pour ensuite mettre en place un plan de prévention qui pourrait aider à réduire le stress vécu chez les femmes et incorporer de plus saines habitudes de vie. En outre, la comparaison des résultats de Vanuatu avec ceux des PRE pourrait fournir un portrait plus complet des effets du stress pendant la grossesse sur le développement du nourrisson et des facteurs qui peuvent modifier ou modérer ces relations.

Dans les chapitres suivants, nous présentons le cadre conceptuel (chapitre I) expliquant en détail ce qu'est le stress et les composantes de celui-ci. Par la suite, nous retrouvons la revue de la littérature (chapitre II) avec les liens entre le stress au cours de la grossesse et le développement du nourrisson et de l'enfant (chapitre III) et les méthodes proposées (chapitre III). Les chapitres IV et V seront concentrés sur les études faites au Vanuatu: *Relationships between prenatal distress, diet, and birth outcomes in a lower-middle income country: “Healthy mothers, healthy communities” study in Vanuatu* et *Short communication : Relationships between prenatal distress and infant body mass index in the first year of life in a lower-middle income country*. Enfin, nous discuterons des limites de la recherche proposée, de ces implications et des orientations futures (chapitre VI).

CHAPITRE I

CADRE CONCEPTUEL

Ce chapitre, divisé en huit sections, abordera les grandes lignes du stress et ces composantes. En premier lieu, il sera possible de retrouver la définition du stress ainsi que les diverses sources de stress, en plus des différentes méthodes d'évaluation du stress. Par la suite, une différenciation entre santé mentale, santé psychosociale et trouble de santé mentale sera faite, pour poursuivre avec la définition de l'anxiété et de la dépression. À la suite des définitions des divers concepts, il sera possible de retrouver une explication de comment le stress peut affecter le développement du fœtus et de l'enfant à long terme. Nous terminerons ce chapitre avec notre problématique, l'hypothèse et les objectifs de recherche.

1.1 Stress : définition et sources

Afin d'analyser les effets du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant, il est primordial de bien comprendre le concept utilisé. Plusieurs définitions peuvent être utilisées pour définir le stress, car ce mot est un terme générique qui peut inclure une variété de facteurs et d'expositions différents (Glover, 2014). En effet, le stress est une réaction du corps, plus précisément du système hormonal et nerveux du corps, en réaction à un stimulus externe. Cette réaction inclut à la fois des réactions émotionnelles, telles que des sentiments de détresse, et physiologiques, comme la libération de cortisol et d'adrénaline (Selye, 1955). Le terme « facteur de stress » est utilisé afin de décrire les forces externes, soit les influenceurs, qui affectent l'individu.

Le stress est donc la réaction à un stimulus externe à laquelle l'individu doit s'adapter (Fevre, Matheny, & Kolt, 2003).

Il est possible de trouver trois principales étapes à l'assimilation du stress. La première est la réaction aux stimuli. La deuxième est l'étape de résistance durant laquelle le corps s'adaptera au stress vécu. La troisième étape est celle de l'épuisement, c'est à dire le moment où l'adaptation au stimulus sera perdue afin de revenir à l'état initial (Selye, 1955). En d'autres mots, le stress peut être vécu pour plusieurs raisons, et ce, à divers moments de la vie. Celle-ci n'est pas vécue, ni interprétée de la même façon, ni au même degré pour tous. Plusieurs événements de la vie peuvent être une source de stress, que ce soit le décès d'un proche, un accident, un test scolaire ou sportif, voir même une grossesse.

De plus, il est possible de retrouver deux types de stress, soit le stress aigu et le stress chronique (Glover, 2014). Tout d'abord, le stress aigu représente le stress vécu par l'individu à la suite d'une exposition imprévue à des événements ou situations spécifiques de la vie qui sont de sources nouvelles, imprédictible ou bien sous forme de menace pour la personne. Ces événements vont donner le sentiment de ne pas être en contrôle de la situation. Il s'agit donc d'une forme de stress soudaine. Celui-ci relâche des hormones du stress qui vont aider l'esprit et le corps à réagir face à la situation (American Psychiatric Association, 2019). Par la suite, le stress chronique est une forme de stress ressenti à la suite d'une exposition répétée à des événements stressants de la vie qui mènent à la diffusion des hormones du stress dans le corps en trop grande quantité. Cette forme de stress est connue comme étant la source de plusieurs problèmes de santé tels que les maladies cardiovasculaire, une pression sanguine élevée, un taux élevé de cholestérol, le diabète de type II, ainsi que la dépression (American Psychiatric Association, 2019).

En plus de retrouver des termes tels que le stress aigu et le stress chronique, il est possible de classer le stress en deux autres catégories, soit le stress positif et le stress négatif. Le stress positif, plus connu sous le terme d'eustress, est l'état psychologique positif dans lequel se retrouve l'individu face à une situation externe. Il s'agit donc d'une forme saine et constructive du stress pour l'esprit et le corps. En soi, l'eustress représente la santé et le bien-être (Hargrove, 2013). De l'autre côté, nous retrouvons le stress négatif, plus communément appelé la détresse. La détresse a lieu lorsque le stimulus externe représentant une source de stress est beaucoup trop demandant pour le corps à un point tel que celui-ci ne puisse fournir suffisamment d'énergie pour maintenir un équilibre sain (Hargrove, 2013). En d'autres mots, la détresse est représentée par une trop grande demande de stimuli externes sur le corps, alors que l'eustress est une dose optimale de stress que le corps peut subir.

1.1.1 Santé psychosociale

Dans le cadre de notre étude, nous allons faire usage du terme de la détresse, car nous analysons l'émotion qui se rattache au stress. Nous définissons ici les composantes de la détresse et les mesures de santé psychosociale associées.

Santé psychosociale : Selon le American Psychological Association, le terme « psychosociale » fait référence à l'intersection et à l'interaction des influences sociales, culturelles et environnementales sur l'esprit et le comportement (American Psychological Association, 2020). Il n'y a pas de définition unique acceptée de la santé psychosociale, mais le terme « psychosocial » est largement utilisé dans les études qui évaluent ces facteurs sociaux, culturels, et environnementaux en interaction et leurs relations avec la santé et le bien-être (Martikainen, Bartley, & Lahelma, 2002). La santé psychosociale est vue comme une interaction complexe entre plusieurs dimensions importantes comme la santé mentale, le soutien social, la sphère émotionnelle et spirituelle. Ces quatre dimensions mises ensemble forment la santé psychosociale. Nous devons ajouter à cela, la relation de la personne avec son passé et l'interprétation

de son futur, ce que cela signifie pour elle et comment elle s'y prépare (Donatelle, 2011). Plusieurs facteurs tels que la famille, les finances, la personnalité, le crime et autres peuvent influencer la santé psychosociale d'une personne. La santé psychosociale est donc basée sur l'environnement d'une personne, mais aussi sur son bien-être interne. Dans cette forme globale de la santé, la santé mentale est classée comme la partie rationnelle, la pensée (Donatelle, 2011).

1.1.2 Stress, anxiété et dépression

Lorsque nous analysons et discutons de termes tels que le stress, il est rapidement facile d'associer cette réaction avec l'anxiété et la dépression. Bien que ces trois termes soient souvent rattachés les uns aux autres, ceux-ci n'ont pas la même signification ni définition.

Stress : Comme il a été expliqué dans le paragraphe précédent, le stress est une réaction à un stimulus externe et cette réaction se présente sous forme émotionnelle et physiologique.

Anxiété : Tout comme le stress, l'anxiété est une réponse du corps, tant physique, émotionnel que cognitif. Cependant, cette réaction survient lorsqu'une personne fait face à un événement inconnu et incertain. On parle donc ici de l'anticipation d'un événement futur auquel une personne croit pouvoir faire face (American Psychiatric Association, 2013; Gouvernement du Québec, 2009). L'anxiété est souvent décrite comme une tension musculaire, mais aussi la vigilance et l'évitement des dangers futurs (American Psychiatric Association, 2013). Il existe cinq différentes formes d'anxiété, soit l'anxiété généralisée, les troubles de paniques, les troubles liés à la phobie, les troubles obsessionnels compulsifs et les traumas (SSPT) (Donatelle, 2011).

Dépression : Lorsqu'une personne présente des symptômes de dépression, on parle souvent du sentiment de tristesse, de vide, et d'impatience, auxquels se rattache des

changements au niveau physique et cognitif affectant la personne et ces capacités à fonctionner normalement. Pour qu'une personne soit diagnostiquée avec des troubles dépressifs, celle-ci doit présenter des symptômes pour une période minimale de deux semaines durant laquelle on retrouve des changements visibles au plan cognitif (American Psychiatric Association, 2013).

1.2 Stress : Évaluation

Il existe plusieurs méthodes afin d'analyser le stress ressenti chez l'humain. En effet, il est possible d'analyser ce concept à l'aide de questionnaires sur les événements stressants dans la vie et la détresse vécue à la suite de ces évènements (Cohen, Kessler, & Gordon, 1997). Ces études incluent souvent des évaluations au moyen de questionnaires de caractéristiques connexes telles que la santé mentale, le soutien social, le bien-être émotionnel et la qualité de vie. D'un côté plus objectif, le cortisol présent dans les cheveux, l'urine et la salive peut être utilisé afin d'évaluer le niveau de stress d'une personne (D'Anna-Hernandez, Ross, Natvig, & Laudenslager, 2011; Stalder et al., 2012). Comme le concept de stress comprend les réactions émotionnelles et les réactions biologiques, les questionnaires et les biomarqueurs sont largement utilisés dans les études de recherche pour fournir un portrait plus complet de stress.

Les études antérieures sur le stress et la détresse portent souvent sur les événements majeurs de la vie, tels que la maladie, le divorce, ou la perte d'une personne proche, qui représentent des sources de stress (Salleh, 2008). La grossesse elle-même représente également une source de stress en raison de l'évolution des caractéristiques physiques, des changements dans les activités et les interactions sociales, ainsi que des préoccupations liées au travail et à l'accouchement, à la santé du bébé et à l'adaptation après l'accouchement (Arizmendi & Affonso, 1987). Le niveau de stress perçu varie aussi en fonction de facteurs sociodémographiques tels que l'âge de la femme, le niveau d'éducation et le revenu. Une étude venant de France (Dayan et al., 2006) indique

qu'un jeune âge, un faible revenu et un faible niveau d'éducation peuvent augmenter le stress de la femme, pour ensuite mener à certains résultats négatifs à la naissance sur l'enfant. D'autres études montrent que l'insécurité alimentaire et les logements inadéquats sont des prédicteurs importants de la détresse (Adynski, Zimmer, Thorp, & Santos, 2019; Becerra, Sis-Medina, Reyes, & Becerra, 2015; Y. Liu, Njai, Greenlund, Chapman, & Croft, 2014). Cela met en évidence le potentiel de différents niveaux de stress et de relations avec les résultats de la grossesse dans des échantillons de statut socio-économique différent.

1.3 Comment le stress affecte-t-il le fœtus?

Lorsque la femme enceinte est exposée au stress, le système de régulation du stress, soit l'axe hypothalamique-pituitaire-surrénal (HPS), est activé. À la suite de l'activation de cet axe, plusieurs hormones telles que le corticolibérine (CRH), l'adrénocorticotrophine (ACTH), et le cortisol sont relâchées en grandes quantités dans le sang. Les principaux récepteurs de CRH et du cortisol étant très nombreux dans l'endomètre, myomètre et les ovaires, les hormones du stress peuvent traverser la barrière placentaire lorsque la femme est exposée à un niveau élevé de stress (Kapoor, Dunn, Kostaki, Andrews, & Matthews, 2006). Par conséquent, nous pouvons retrouver un fœtus plus actif, des changements épigénétiques dans les tissus placentaires et fœtaux (Monk, Spicer, & Champagne, 2012). De plus, cela risque aussi d'affecter les systèmes qui régulent la croissance et le métabolisme fœtal. Cependant, les effets peuvent différer selon le moment de l'exposition au stress en raison des différences de sensibilité des systèmes fœtaux en développement (Sandman, Davis, Buss, & Glynn, 2012).

1.4 Comment le stress affecte-t-il le développement de l'enfant?

Comme il a été abordé brièvement dans l'introduction, il est possible de retrouver plusieurs effets du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant à la naissance telle qu'un faible poids à la naissance, un âge gestationnel plus court et une naissance prématurée. Lorsqu'on analyse les effets du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant à long terme, on parle dès lors des origines développementales de la santé et de la maladie (Chavatte-Palmer, Tarrade, & Levy, 2012). Les origines développementales de la santé et de la maladie sont fondées sur l'observation que l'environnement précoce a des effets à long terme sur le phénotype de l'individu, telles que l'augmentation du risque d'obésité et d'adiposité à long terme et le risque accru d'hypertension et de diabète plus tard dans la vie (Chavatte-Palmer et al., 2012). Il est possible de retrouver plusieurs autres effets au long terme. Mais dans le cadre de cette étude, nous allons utiliser que les deux mentionnées pour cause de pertinence.

1.5 Effets interactifs du stress et de l'alimentation

La littérature actuelle présente plusieurs études ayant analysé les effets du stress et de la diète alimentaire pendant la grossesse sur les issues de celle-ci ainsi que sur la petite enfance. Toutefois, peu d'études se sont intéressées aux effets interactifs de ces variables sur le développement de l'enfant.

Dans une étude de Lindsay et al., l'auteur décrit que les voies biologiques et physiologiques liées aux interactions entre la détresse et la nutrition durant la période pré-natale reflètent des changements au niveau de la circulation sanguine, le développement placentaire, l'exposition aux hormones fœtales et le métabolisme des nutriments (Lindsay et al., 2017). Par exemple, la santé mentale maternelle (O'Donnell, O'Connor, & Glover, 2009; Teixeira, Fisk, & Glover, 1999) et la nutrition (Belkacemi,

Nelson, Desai, & Ross, 2010) peuvent affecter la circulation sanguine utérin et placentaire et ainsi réduire l'apport de nutriments au fœtus. De plus, le cortisol maternel enchaîne une modification du métabolisme placentaire et fœtal des nutriments (Vaughan, Davies, Ward, de Blasio, & Fowden, 2016), ce qui peut mener à une diminution des nutriments absorber par le fœtus. En effet, une mauvaise diète alimentaire durant la grossesse va mener à une diminution des enzymes présent dans le placenta, et ainsi diminuer le niveau de protection du fœtus contre le cortisol maternelle (Lesage, Blondeau, Grino, Breant, & Dupouy, 2001). En d'autres mots, une mauvaise nutrition durant la grossesse pourrait entraîner une exposition fœtale accrue au cortisol, soit l'un des mécanismes clés menant aux relations entre la détresse pré-natale et les résultats défavorables du développement.

La littérature actuelle présente donc une relation entre le développement du fœtus et le développement physique de l'enfant avec une faible diversité alimentaire au niveau des micronutriments durant la grossesse (Frith, Naved, Persson, Rasmussen, & Frongillo, 2012). En effet, une étude de Bitler et al. a démontré que la participation des femmes à un programme de supplémentation nutritionnelle durant la grossesse aidait à prévenir les restrictions sur le développement du fœtus dans les populations avec un taux élevé de faible poids à la naissance (Bitler & Currie, 2005). Pour appuyer ce point, un article de Frith et al. a aussi démontré que les suppléments nutritionnels pendant la grossesse pourraient atténuer les effets négatifs potentiels d'un stress élevé sur le développement du fœtus, en particulier sur le poids à la naissance (Frith et al., 2015). En d'autres mots, une bonne diversité alimentaire pourrait avoir un effet d'allègement sur les effets du stress durant la grossesse et le développement de l'enfant.

1.6 Problématique

Malheureusement, la majorité des études portant sur le stress et la nutrition durant la grossesse publiées jusqu'à présent proviennent en général de PRE. Par le fait même,

les résultats et conclusions obtenus dans ces études peuvent varier pour les PRFI, ne pouvant ainsi être appliqués pour ces derniers. Puisque les ressources disponibles et le contexte de vie ne sont pas les mêmes pour tous les pays, les résultats obtenus d'un pays à l'autre peuvent grandement varier. D'autre part, même s'il a été mis en évidence que la santé psychosociale et l'alimentation sont des facteurs reconnus comme ayant un impact sur la santé maternelle pendant la grossesse et celle du futur nouveau-né, peu d'études s'intéressent à l'interaction de ces facteurs combinés. En effet, il a déjà été établi que le stress vécu peut affecter le développement de l'enfant. Cependant, rares sont les études qui s'intéressent à l'interaction entre le stress et l'alimentation comme facteurs combinés pouvant affecter le développement de l'enfant. Cette étude permet donc de mettre en évidence la relation entre la détresse et la nutrition durant la grossesse et les impacts de cette relation à la naissance et sur le développement de l'enfant.

1.7 Hypothèse de recherche

Nos hypothèses sont les suivantes :

1. Les femmes présentant un niveau de détresse élevé ainsi qu'une faible diversité alimentaire durant la grossesse sont plus à risque d'avoir un bébé de faible poids à la naissance. En effet, nous supposons que ces deux facteurs interagissent ensemble plutôt qu'individuellement.
2. Le stress pendant la grossesse sera associé à une plus grande adiposité chez le nourrisson.
3. Le stress prénatal présentera des relations de type curvilinéaires avec certains résultats chez nourrisson.

1.8 Objectif de recherche

L'objectif de recherche de notre étude est de mesurer à quel niveau la détresse et la diète alimentaire interagissent durant la grossesse, pour ensuite déterminer les impacts et conséquences sur le développement de l'enfant, de la naissance jusqu'à la petite enfance.

CHAPITRE II

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Ce chapitre, divisé en quatre grandes sections, abordera les impacts du stress durant la grossesse. Nous incluons de nombreux aspects de la santé psychosociale, tels que le stress, la détresse psychologique, l'anxiété et la dépression, parce qu'ils sont souvent corrélés et parce que, en particulier dans les études menées dans les PRFI, ils ne sont pas toujours clairement distingués ou sont souvent discutés ensemble. Afin d'être en mesure de bien analyser la situation, ce phénomène sera analysé dans deux contextes bien différents l'un de l'autre. D'un côté, il s'agira de la situation dans les PRFI, et de l'autre, la situation dans les PRE. Ces deux contextes seront présentés séparément, car les contextes socio-économique et démographique n'étant pas les mêmes, les résultats peuvent différer. De plus, afin de bien comprendre les différents impacts que le stress peut causer sur l'enfant, deux périodes ont été analysées, soit les issues de la grossesse et le développement de l'enfant.

2.1 Impact du stress durant la grossesse et les issues de la grossesse dans les pays à revenu faible et intermédiaire

L'accouchement prématuré (avant 37 semaines de gestation) et le faible poids de naissance (<2500 g) demeurent des problèmes de santé publique importants dans les pays à revenu faible ou intermédiaire (Blencowe et al., 2019; World Health Organization, 2014). Le stress représente un facteur de risque potentiel pour un

accouchement prématuré dans les PRFI. Cependant, le nombre d'études sur le sujet reste limité (Buffa et al., 2018).

2.1.1 Prématurité

Dans une étude faite sur 959 femmes à Lima au Pérou, Barrios et al. ont conclu que les femmes qui font face à un évènement stressant de la vie durant la grossesse ont deux fois plus de chance d'avoir une naissance prématurée. Les sources de stress analysées sont la mort d'une personne proche, un divorce ou une séparation, des problèmes financiers et une querelle entre les partenaires (Barrios, Sanchez, Qiu, Gelaye, & Williams, 2014). Plus il y a d'évènements stressants dans la vie de la femme, plus les risques de naissances prématurées sont élevés.

Une étude en Chine avec 1 800 femmes a montré des relations similaires. Les auteurs ont analysé les évènements de la vie, le soutien social et les compétences d'adaptation à diverses situations. Une liste de 19 questions sur les évènements stressants de la vie a aussi été utilisée. Dans cette étude, plus le niveau de stress de la femme était élevé, plus le niveau de risque d'avoir une naissance prématurée, un âge gestationnel plus court et un bébé plus léger était élevé (Zhu, Tao, Hao, Sun, & Jiang, 2010). Dans leur étude, les auteurs ont aussi trouvé un plus grand risque d'accouchement prématuré lorsque le stress ayant eu lieu durant la grossesse était survenu au cours du premier et deuxième trimestre de la grossesse. En effet, le risque d'un accouchement avant terme était deux fois plus élevé lorsque le stress avait lieu durant ces deux trimestres (Zhu et al., 2010).

D'autres études menées auprès de 474 femmes en Roumanie (Meghea et al., 2014) ont montré que le stress perçu prédit la naissance prématurée, avec un risque deux fois plus élevé chez les femmes avec un stress perçu élevé ($OR = 2,81$). Des études analysant le cortisol en tant que mesure du stress ont montré des relations similaires. Par exemple, des analyses portant sur 737 femmes au Népal (Christian et al., 2016) ont démontré que

le cortisol pendant le troisième trimestre prédit la naissance prématurée, avec un ratio plus faible ($OR = 1,04$).

2.1.2 Faible poids de naissance

Des études en Chine avec 1 800 femmes, discutées ci-avant (Zhu et al., 2010), ont montré que des événements de vie stressants ont prédict un poids inférieur chez les nouveau-nés. Chaque unité de stress ayant eu lieu durant le premier trimestre était associée à une diminution de 122.97 g du poids de l'enfant à la naissance. De même, des études menées auprès de 1 197 femmes en Afrique du Sud (Rothberg, Shuhenyane, Lits, & Strelbel, 1991) ont montré qu'un plus grand nombre d'événements de la vie stressants l'année précédant l'accouchement prédisaient un poids inférieur à la naissance.

D'autres études ont évalué le stress perçu et le cortisol. Des études en Roumanie avec 474 femmes, discutées ci-dessus (Meghea et al., 2014), ont montré qu'un stress perçu élevé prédict une réduction de 113 g du poids à la naissance ($IC = -213 --11$). De même, des études menées auprès de 147 femmes au Nicaragua ont montré que le stress perçu prédisait une augmentation du cortisol maternel, ce qui permettait ensuite de prévoir un faible poids à la naissance (Valladares, Peña, Ellsberg, Persson, & Höglberg, 2009). Comme pour l'âge gestationnel et la prématurité, les résultats peuvent varier en fonction du sexe du nourrisson. Des études faites avec 1 041 femmes au Bangladesh (Frith et al., 2015) ont montré qu'un taux élevé de cortisol au troisième trimestre prédict un poids à la naissance plus faible chez les garçons, mais pas chez les filles. Les résultats peuvent également varier en fonction des caractéristiques maternelles. Des études menées auprès de 1 391 femmes du Malawi ont montré qu'une augmentation du cortisol au troisième trimestre permettait de prévoir un poids inférieur à la naissance, mais les résultats étaient plus prononcés chez les femmes primipares (Stewart et al., 2015). De plus, les études au Bangladesh (Frith et al., 2015) ont montré que les suppléments nutritionnels en début de la grossesse ont permis de réduire certaines de ces relations

négatives chez les garçons, suggérant des interactions possibles entre la nutrition maternelle et le stress.

2.2 Impact du stress durant la grossesse et les issues de la grossesse dans les pays à revenu élevé

2.2.1 Prématurité

Des études sur les relations entre le stress prénatal et l'âge gestationnel ou la prématurité dans les pays à revenu élevé montrent des résultats similaires à ceux des pays à revenu faible et intermédiaire. Par exemple, les analyses de 2 618 777 naissances en Suède ont montré une association entre le stress durant la grossesse et les résultats à la naissance (Class, Lichtenstein, Långström, & D'onofrio, 2011). En effet, dans cette étude, les auteurs ont trouvé une relation positive entre le stress durant la grossesse et le risque d'un accouchement prématuré et une diminution de l'âge gestationnel. Plus précisément, le stress vécu durant le quatrième et cinquième mois était relié à une diminution des jours de gestation (Class et al., 2011). De même, Khashan et al. ont conclu que l'exposition avant la naissance à des événements sévères de la vie est associée à un risque modéré d'accouchement avant terme (Khashan et al., 2008). Dans cette étude ayant été portée sur 1 351 611 mères du Danemark, les auteurs ont trouvé que la période durant laquelle la femme a été exposée à ces événements stressants de la vie est importante, car les effets de naissance prématurée ont surtout été associés avec des événements survenus avant la grossesse ou durant le premier trimestre (Khashan et al., 2008). Dans la même étude, le taux d'accouchement prématuré était plus élevé lorsque les événements étaient survenus 6 mois avant la grossesse (Khashan et al., 2008). D'autres études similaires montrent l'importance du stress avant la grossesse ou au début de la grossesse. Dans une étude basée aux États-Unis incluant 90 femmes, Wadhwa et al. concluent que les femmes vivant de l'anxiété avant la naissance en lien avec la grossesse sont plus à risque de mettre au monde l'enfant avec un âge gestationnel plus court (Wadhwa, Sandman, Porto, Dunkel-Schetter, & Garite,

1993). En effet, pour chaque unité d'anxiété associée à la grossesse avant la naissance, les auteurs ont trouvé une diminution de 0.42 semaine (trois jours) de moins sur l'âge gestationnel à la naissance (Wadhwa et al., 1993).

Bien que le niveau de stress de la femme soit un bon indicateur dans la plupart des études pour le poids à la naissance, l'accouchement et le temps de gestation, il est aussi possible d'analyser des éléments biologiques étant reliés au stress, comme le cortisol et le corticolibérine (CRH). Dans une étude effectuée au Canada incluant 4 885 femmes, les auteurs Kramer et al., ont découvert qu'un score moyen de positivisme et de pessimiste était significativement plus faible et plus élevé chez les femmes qui ont accouché avant 34 semaines (Kramer et al., 2009). Dans cette même étude, les chercheurs ont trouvé une relation positive entre le niveau de cortisol et l'âge gestationnel. En d'autres mots, les femmes ayant accouché avant 34 semaines de gestation présentaient un niveau plus élevé de cortisol dans les cheveux que les femmes ayant accouché à terme (Kramer et al., 2009). Pour ce qui est du taux de CRH, une étude mené aux États-Unis a démontré qu'un taux de CRH significativement plus élevé chez les femmes enceintes à la 18^e et 20^e semaine de gestation était lié à une naissance spontanée prématurée (Hobel, Dunkel-Schetter, Roesch, Castro, & Arora, 1999). Par ailleurs, le niveau de stress était lui aussi lié à un changement dans le taux de CRH à la 18^e et 20^e semaine de gestation et à la 28^e et 30^e semaine. Cela veut donc dire que le stress durant le premier trimestre peut impacter le taux de CRH placentaire au deuxième trimestre, pouvant ainsi mener à un risque plus élevé de naissance prématurée (Hobel et al., 1999).

2.2.2 Faible poids de naissance

Une étude basée aux États-Unis incluant 90 femmes, discutée ci-avant, a montré que chaque évènement de la vie survenu avant la naissance prédit une diminution de 55.03 grammes de moins sur le poids de l'enfant à la naissance (Wadhwa et al., 1993). De même, des études en Suède ont montré une relation positive entre les stress durant la

grossesse et le risque d'un poids faible à la naissance chez 2 618 777 femmes (Class et al., 2011). Cependant, les auteurs d'une autre étude faite en Suède incluant 1 465 femmes en sont venus à la conclusion que la dépression prénatale avait comme répercussion une augmentation du poids à la naissance (Andersson, Sundström-Poromaa, Wulff, Åström, & Bixo, 2004). En effet, l'étude démontre que la dépression et l'anxiété avant la naissance chez les femmes n'ont pas d'impact négatif sur les résultats néonataux, à l'exception de quelques cas qui ont présenté un poids plus lourd (Andersson et al., 2004). Des méta-analyses récentes suggèrent que l'ampleur de l'effet des relations entre le stress pendant la grossesse et le poids à la naissance est plus élevée pour les études menées en dehors de l'Amérique du Nord et de l'Europe (Bussières et al., 2015).

En résumé, il est possible de trouver des points communs entre les PRFI et PRE. En effet, les deux catégories présentent une relation négative entre le stress durant la grossesse et les naissances prématurées, ainsi que l'âge gestationnel, soit un plus haut taux de naissances prématurées avec des poids plus faible lorsque la femme présente un certain niveau de stress durant la grossesse. Ces effets varient en fonction du moment de l'exposition pendant la grossesse. D'autres mesures de santé psychosociales, telles que la dépression, peuvent avoir des relations différentes avec les issues du nourrisson à la naissance.

2.3 Impact du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant dans les pays à revenu faible et intermédiaire

Peu d'études menées dans des PRFI ont analysé les relations entre la santé psychosociale pendant la grossesse et les conséquences sur le développement dans l'enfance (Buffa et al., 2018).

2.3.1 Développement physique de l'enfant

Des études menées au Brésil ont analysé les scores Z d'indice de masse corporelle (IMC) chez 409 enfants âgés de 5 à 8 ans dont les mères ont complété les questionnaires sur le stress, la dépression et l'anxiété pendant la grossesse. Les résultats ont montré que les symptômes pendant le deuxième trimestre prédisaient le score Z de l'IMC des enfants ($\beta = -0,09$). De plus qu'il y avait une relation négative entre la santé mentale de la mère quand les enfants avaient 5-8 ans, et la croissance des enfants. Les auteures suggèrent que si la mère a une mauvaise santé mentale pendant la grossesse et plus tard, sa capacité de prendre soin de son enfant en sera affectée (Rondó, Rezende, Lemos, & Pereira, 2013).

2.3.2 Développement émotionnel et social de l'enfant

Certains chercheurs ont analysé les relations avec le développement social et émotionnel de l'enfant. Une étude au Vietnam démontre une relation négative entre le stress durant la grossesse et le développement social et émotionnel de l'enfant à l'âge de 6 mois (Tran et al., 2014). En effet, à l'aide de l'échelle de Bayley et du « Edinburgh Postnatal Depression Scale », les auteurs en sont venus à la conclusion que le stress maternel durant la grossesse impactait le développement social et émotionnel de l'enfant négativement. Cependant, le lien n'est pas direct. En effet, le stress vécu durant la grossesse affectait directement le stress après la grossesse, ce qui va par le fait même impacter le développement de l'enfant (Tran et al., 2014). Dans une étude similaire en Chine, les chercheurs ont trouvé une relation entre les événements stressants survenus au courant du premier trimestre de la grossesse et le tempérament de l'enfant évalué avec l'échelle de Bayley à l'âge de 16 à 18 mois (Zhu et al., 2014). Les auteurs ont trouvé un lien entre le stress vécu durant le premier trimestre et le tempérament de l'enfant, avec des résultats plus élevés pour les enfants ayant des mères affectées par le stress au cours de leur grossesse. De plus, le tempérament de l'enfant a semblé être

affecté par son âge gestationnel à la naissance, avec un tempérament plus difficile lorsque l'âge gestationnel était plus court (Zhu et al., 2014).

Une autre étude, faite en Inde avec les enfants de 1 à 4 mois d'âge, n'a montré aucune relation significative entre le stress durant la grossesse et le tempérament de l'enfant (Bhat et al., 2015). De même, Ramchandani et al. n'ont trouvé aucune association entre le stress durant la grossesse et le comportement de l'enfant à l'âge de deux ans. Cependant, une fois à l'âge de 4 ans, les enfants dont les mères avaient connu un niveau de stress élevé durant la grossesse présentaient un résultat plus élevé sur l'échelle de difficulté comportementale de Richman (Ramchandani, Richter, Norris, & Stein, 2010). Cela veut donc dire que le développement comportemental de l'enfant est affecté sur le long terme par le stress durant la grossesse, notant des changements importants entre l'âge de 2 ans et 4 ans. Ces relations ont persisté en contrôlant pour la dépression maternelle dans la période postnatale, évaluée avec le questionnaire sur la dépression de Pitt (Ramchandani et al., 2010).

2.3.3 Développement psychomoteur de l'enfant

Enfin, certaines études dans les PRFI mettent en évidence des liens entre stress prénatal et développement moteur ou cognitif de l'enfant. Dans une étude en Chine, les chercheurs ont trouvé une relation entre les évènements stressants survenus au court du premier trimestre de la grossesse et le développement cognitif de l'enfant à l'âge de 16 à 18 mois. En effet, grâce à l'échelle de Bayley sur le développement de l'enfant, les chercheurs ont pu noter que lorsque la mère présentait un vécu d'évènements stressants durant le premier trimestre, l'enfant obtenait un résultat plus faible pour le développement mental, comparativement au groupe d'enfant dont les mères n'étaient pas exposées (Zhu et al., 2014). Cependant, aucune relation significative n'a été trouvé entre le stress durant la grossesse et le développement psychomoteur (Zhu et al., 2014).

2.4 Impact du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant dans les pays à revenu élevé

2.4.1 Développement physique de l'enfant

Une étude en 2013 mettait en évidence la relation significative entre le stress durant la grossesse et le risque d'obésité et l'impact sur les fonctions métaboliques durant le développement de l'enfant. Dans cet article, les auteurs expliquent qu'une augmentation des hormones du stress durant la grossesse peut avoir des effets négatifs sur la structure du cerveau, mais aussi sur ces fonctions qui sont rattachées à la composition corporelle et aux fonctions métaboliques. En d'autres mots, le stress vécu par la mère durant la grossesse a un effet direct sur le développement cérébral de l'enfant, ce qui, par la suite, va affecter le physique de celui-ci (Entringer, 2013). En effet, plusieurs études faites autant sur les animaux que sur les humains ont démontré que le stress durant la grossesse présentait chez l'enfant un plus grand risque d'obésité, mais aussi d'un métabolisme dysfonctionnel; une résistance à l'insuline, un profil lipidique différent et un pourcentage de masse grasse plus élevé (Entringer, 2013).

Plusieurs études dans des PRE montrent des liens entre l'exposition à des événements stressants de la vie ou à une détresse durant la grossesse et un risque d'obésité ultérieur ou une adiposité accrue. Les données du Canada chez les enfants dont les mères ont été exposées à une tempête de verglas pendant la grossesse montrent qu'une plus grande exposition au stress pendant la grossesse prédit un plus grand risque d'obésité à l'âge 5 (Dancause et al., 2012). Ces effets semblent être plus prononcés avec l'âge (Liu, Dancause, Elgbeili, Laplante, & King, 2016). D'autres études ont montré un risque accru d'obésité à la suite d'événements stressants tels que le décès d'un proche pendant la grossesse. Les données concernant 65 212 enfants au Danemark ont montré que le décès d'un proche pendant la grossesse prédisait un risque accru d'obésité chez les enfants et les adolescents, en particulier si le décès était survenu juste avant ou au début de la grossesse (Li et al., 2010). Des études sur le deuil maternel et l'obésité chez 119

908 hommes adultes au Danemark ont montré des tendances similaires (Hohwu, Li, Olsen, Sorensen, & Obel, 2014).

Du côté de la Norvège, dans une étude impliquant 199 mères, les chercheurs ont tenté d'analyser le lien entre le niveau de CRH dans le sang à la 26^e et 28^e semaine et le développement physique de l'enfant à l'âge de trois ans, plus précisément l'adiposité de l'enfant (Gillman et al., 2006). Les mesures anthropométriques ayant été prises chez l'enfant sont la grandeur, la taille, et les plis de peau derrière l'épaule et le triceps. Avec les données récoltées, les chercheurs ont pu déterminer une faible corrélation de Pearson ($r = -0.08$) entre le taux de CRH et le poids de l'enfant à la naissance. De plus, le taux de CRH dans le sang se trouve être associé négativement aux scores z de l'IMC, démontrant une diminution de l'IMC chez l'enfant de 0.43 pour chaque unité de CRH supplémentaire (Gillman et al., 2006). Pour ce qui est des données prises avec les plis cutanés du sous-scapulaire et du triceps, l'addition de ces deux données c'est avéré être plus faible lorsque le taux de CRH était plus élevé. Cependant, plus le niveau de CRH était élevé, plus l'obésité centrale était élevée. Pour résumé, les chercheurs en sont venus à la conclusion que plus le fœtus est exposé à un taux élevé de CRH durant la grossesse, plus les mesures anthropométriques de l'enfant seront faibles, à l'exception de la masse adipeuse centrale (Gillman et al., 2006).

2.4.2 Développement émotionnel et social de l'enfant

Dans une étude exécutée au Royaume-Uni, les auteurs ont réussi à démontrer que les enfants de mères anxieuses durant la grossesse présentaient presque le double de risque de développer des troubles émotionnels et comportementaux comparativement aux enfants de mères non anxieuses (Glover, 2011). De plus, plusieurs études ont démontré que si la mère présente du stress, de l'anxiété ou de la dépression durant la grossesse, l'enfant sera plus à risque de développer des problèmes émotionnels, un trouble d'attention et d'hyperactivité, voire même un trouble du développement cognitif (Glover, 2011). Dans une autre étude du même auteur, les chercheurs ont trouvé un lien

entre le stress prénatal et l'augmentation du risque d'anxiété et de dépression chez les enfants de sexe féminin (Glover, 2014). Cependant, comme le dit l'auteur dans la conclusion, ce n'est pas tous les enfants de mère ayant vécu du stress durant la grossesse qui en seront affectés. Pour les enfants en étant affectés par le stress prénatal, les conséquences de celui-ci ne seront pas les mêmes pour tous (Glover, 2011).

Dans le même sens que cette étude, les chercheurs Rice et al. ont eu aussi trouvé une relation significative entre le stress durant la grossesse et le développement émotionnel et social de l'enfant (Rice et al., 2010). En effet, dans cette étude impliquant 474 mères britanniques, les chercheurs ont réussi à trouver une relation significative entre ces deux variables en analysant le stress durant la grossesse à trois périodes différentes à l'aide de l'échelle de Likert. Pour ce qui est de l'anxiété chez l'enfant, les chercheurs ont fait l'usage de la liste de DSM-IV et d'un questionnaire sur les forces et difficultés de l'enfant (Rice et al., 2010). Avec les données récoltées, Rice et al. sont parvenus à une association significative entre le stress vécu durant le troisième trimestre et les résultats à la naissance, soit un poids plus faible et un âge gestationnel plus court. Pour ce qui des effets sur le développement de l'enfant, les chercheurs en sont venus à la conclusion que le stress durant la grossesse affectait significativement le comportement social de l'enfant avec une tendance antisociale. De plus, le stress durant la grossesse était associé à des troubles d'anxiété chez l'enfant (Rice et al., 2010). En d'autres mots, le stress durant la grossesse dans cette étude est associé à des résultats à la naissance plus faible en termes de poids, et plus courts en termes d'AG. Pour ce qui est du développement de l'enfant, celui-ci se veut être affecté par des troubles de comportement de forme antisociale, mais aussi des troubles anxieux.

2.4.3 Développement psychomoteur de l'enfant

Dans une étude des Pays-Bas, plus précisément à Utrecht, les auteurs ont tenté d'examiner la relation entre le stress durant la grossesse et le tempérament de l'enfant durant l'enfance. Afin d'analyser le stress vécu durant la grossesse, les chercheurs ont

fait usage de deux tests bien connus, soit un questionnaire sur l'anxiété liée à la grossesse et l'échelle de stress perçu, ou le Perceived Stress Scale en anglais. Pour ce qui est du tempérament de l'enfant, l'échelle de Bayley sur le développement de l'enfant a été utilisée (Huizink, De Medina, Mulder, Visser, & Buitelaar, 2002). Grâce à ces tests et analyses, les chercheurs ont trouvé plusieurs relations entre l'anxiété durant la grossesse, plus précisément en début de la grossesse, et les difficultés d'attention de l'enfant à l'âge de trois mois. De plus, une relation négative a aussi été trouvée entre le stress perçu par la mère et les difficultés de comportement à l'âge de trois mois. Finalement, les chercheurs ont aussi trouvé des liens entre le stress perçu par la mère et des problèmes d'adaptation à de nouvelles situations chez les bébés de huit mois (Huizink et al., 2002).

Du côté de l'Amérique, une étude ayant été faite au Québec à la suite de la tempête hivernale de 1998 a tenté d'illustrer la relation entre le stress maternel vécu durant la grossesse au moment de la tempête et le développement cognitif de l'enfant. La source de stress principale dans cette étude est les conséquences du verglas, soit 6 millions de personnes ayant été privées d'électricité pendant 24 heures à 5 semaines. Au total, ces 141 familles qui ont participé à l'étude (King & Laplante, 2005). Afin d'analyser le stress maternel, les chercheurs ont fait usage d'un questionnaire sur les réactions face à la tempête et sur le stress perçu durant celle-ci. Pour le stress maternel lié à la vie en général, une question sur la santé générale et l'échelle d'Edinburgh sur la dépression postnatale a été utilisée. De plus, pour la personnalité de la mère, les chercheurs ont utilisé un questionnaire sur les expériences de la vie et l'inventaire de cinq facteurs de NEO (King & Laplante, 2005), qui inclut des échelles pour le névrosisme, l'extorsion, l'ouverture à l'expérience, l'amabilité et la conscience. Pour ce qui est de l'analyse du développement de l'enfant, l'échelle de Bayley sur le développement de l'enfant a été utilisée pour le développement cognitif. Pour ce qui est du langage, les chercheurs ont opté pour l'inventaire du développement communicatif de MacArthur. Finalement, le jeu fonctionnel a aussi été analysé (King & Laplante, 2005). Avec toutes les données

récoltées, King et Laplante ont fini par trouver une association entre le stress prénatal de niveau moyen-élévé et un faible développement intellectuel et communicatif de l'enfant à l'âge de deux ans. En effet, pour le développement intellectuel de l'enfant, ceux dont les mères avaient vécu la tempête durant le premier ou second trimestre de grossesse présentaient des enfants avec un résultat plus faible sur l'échelle de Bayley, avec un plus gros impact pour le stress vécu durant le second trimestre. Pour ce qui est du développement du langage, les mères ayant vécu un niveau de stress moyen-élévé présentaient avaient des enfants parlant en moyenne 20.2 mots de moins que les autres enfants, soit un niveau de développement plus faible de 30% (King & Laplante, 2005). D'un autre côté, des études sur les mêmes enfants à 5 ans ont montré que les enfants exposés au stress prénatal modéré avaient de meilleurs résultats cognitifs que leurs pairs ayant des niveaux d'exposition au stress faibles ou élevés (Laplante, Brunet, Schmitz, Ciampi, & King, 2008). Pour résumé, un stress élevé durant la grossesse a un impact négatif sur le développement cognitif de l'enfant, mais aussi sur le développement du langage. Cependant, les relations ne sont pas toujours linéaires et un stress modéré peut avoir certains effets bénéfiques.

2.5 Synthèse et directions de recherche futures

Pour synthétiser, il est possible de noter plusieurs différences entre les pays à revenu faible et intermédiaire et les pays à revenu élevé. En effet, la première différence notable concerne le développement physique de l'enfant. Dans l'étude au Brésil, le stress et la dépression chez la mère sont liés à un risque moins élevé d'obésité chez l'enfant. Cependant, de nombreuses autres études dans des pays à revenu élevé montrent que le stress prénatal prédit un risque accru d'obésité, et en particulier d'obésité centrale.

Il est aussi possible de noter une différence au niveau du développement social et émotionnel. Dans les PRFI, le stress durant la grossesse impactait le développement

social et émotionnel de façon indirect, et le stress postnatal de façon direct, ce qui par la suite altérait le développement chez l'enfant. Pour ce qui est des PRE, le développement émotionnel et social de l'enfant était affecté directement et de façon significative par le stress vécu durant la grossesse. Les conséquences de ce stress sont principalement des problèmes d'anxiété et des comportements de type antisocial. Finalement, pour ce qui est du développement moteur et cognitif de l'enfant, les résultats obtenus dans les deux classes de pays semblent être très similaires. En effet, il est possible de retrouver dans les PRFI une relation négative entre le stress vécu durant le premier trimestre de la grossesse et un plus faible développement mental chez l'enfant. De plus, les femmes ayant vécu du stress durant la grossesse présentent plus de risque d'avoir un enfant avec des difficultés comportementales. Pour ce qui est des PRE, il est possible de noter une relation négative entre le stress vécu au premier trimestre de la grossesse et les difficultés d'attention, de langage et comportementales à l'âge de trois ans.

Ces études mettent en évidence certaines priorités pour la recherche future. Premièrement, nous notons un manque d'études sur le stress prénatal et le développement physique dans les PRFI. En outre, les résultats en matière de développement physique ne sont pas toujours cohérents entre les PRFI et les PRE. Ainsi, plus d'études sur les relations entre le stress prénatal et le développement physique dans les PRFI sont nécessaires. Parce qu'une alimentation maternelle pauvre est un facteur de risque pour les stress et la faible croissance infantile dans les PRFI, ces études devraient également tenir compte des habitudes alimentaires de la mère. De plus, les relations entre le stress et le développement ne sont pas toujours linéaires, mais les relations curvilinéaires sont rarement analysées. En fin de compte, ces études pourraient indiquer de nouvelles voies d'intervention pour améliorer la santé maternelle et infantile dans les PRFI.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre, les différentes méthodes et matériels utilisés seront expliqués. De plus, il est possible de trouver un bref descriptif des analyses qui ont été réalisées durant cette étude. Les méthodes spécifiques pertinentes pour chaque composante des études sont présentées dans les articles des chapitres V et VI.

Cette étude a été examinée et approuvée par le Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Montréal (no. de certificat S-704010) et par le ministère de la Santé du Vanuatu.

3.1 Matériels et méthodes

3.1.1 Échantillon

Au cours de l'été 2016, des questionnaires ont été distribués au Vanuatu, sur l'île d'Efate, dans le but d'analyser la santé psychosociale de la femme et l'impact sur le développement de l'enfant. À l'aide des questionnaires, il a été possible de recruter un total de 1365 femmes. Parmi ces femmes, 1113 disposaient de données complètes sur la détresse. De ce nombre, 551 étaient enceintes au moment de l'étude. Après l'accouchement, les registres de naissance ont été consultés pour recueillir des données sur les résultats de la grossesse, à l'hôpital central de Port Vila. Sur celles-ci, il est possible de retrouver des données sur la date de naissance, le poids, l'âge gestationnel, l'hémoglobine, le score Apgar à 1 minute, 5 minutes et 10 minutes, le nombre de visites

à l'hôpital avant l'accouchement et d'autres renseignements sur la mère et le bébé. De ce registre, il a été possible de récolter des données sur 330 nourrissons.

Durant l'été 2017, durant les mois de juin et juillet, un suivi a été fait avec 54 de ces femmes, afin de récolter des données sur la santé psychosociale et la diète de la femme postpartum. De plus, des données anthropométriques ont été récoltées chez les enfants afin d'analyser la relation entre la santé psychosociale de la mère et les résultats sur le développement de l'enfant.

3.1.2 Collecte de données

Un questionnaire a été distribué aux femmes du Vanuatu traitant de données sociodémographiques telles que l'âge, le statut matriarcal, le nombre d'enfants et le nombre d'années de scolarité. De plus, les femmes devaient répondre à des questions en lien avec les habitudes alimentaires et la santé psychosociale.

Santé psychosociale de la mère : Un questionnaire a été créé afin d'évaluer le stress et la santé psychosociale de la mère. Le questionnaire a été traduit en Bislama, langue officielle du pays. Le questionnaire ayant été traduit était basé sur le *Kessler-10 Distress Scale* (Andrews & Slade, 2001), le *Center of Epidemiological Studies Depression Scale* (CES-D) (Radloff, 1977), et le *Mental Health Continuum* (Keyes, 2002; Lamers, Westerhof, Bohlmeijer, ten Klooster, & Keyes, 2011). Le premier est un questionnaire comprenant 10 questions notées sur une échelle de 0 à 4 évaluant la détresse psychologique non spécifique englobant les symptômes d'anxiété, de dépression, de nervosité et de stress. Le deuxième est un questionnaire de 20 questions notées sur une échelle de 0 à 3 qui mesurent les symptômes de dépression comme l'état du sommeil, l'appétit, le sentiment de solitude et l'état positif de santé mentale. Le troisième questionnaire est construit sur 14 questions qui mesurent le bien-être émotionnel, social et psychologique. Les réponses sont sur une échelle de 6 points. Tous les questionnaires ont été traduits en Bislama, revus par des locuteurs natifs et les

éléments redondants ont été supprimés. Le questionnaire final a abouti à 15 items reflétant des symptômes de stress, de dépression et d'anxiété, que nous appelons ci-après la détresse ; et de 6 questions sur le bien-être et la santé mentale positive. Ici, nous avons utilisé des scores sur l'échelle de détresse dans les analyses. Les réponses étaient sur une échelle de 0 à 3, les scores les plus élevés indiquant une plus grande détresse. Les femmes qui ont participé au suivi en 2017 ont rempli les mêmes questionnaires un an plus tard.

Diversité alimentaire : En plus de répondre à un questionnaire sur la détresse, les femmes ont aussi répondu à un rappel alimentaire d'une durée de 24 heures. Nous avons classé les aliments en neuf groupes basés sur les micronutriments. Cette classification a été faite à l'aide du *Women's Dietary Diversity Score*, soit le résultat de la diversité alimentaire de la femme du OAA (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Food and Agriculture-Organization, 2016). La diversité alimentaire a été calculée par le nombre de groupe représenté en 24 heures. La valeur associée à la diversité alimentaire dans l'échantillon varie de 1 à 7. De plus, afin d'avoir une idée plus large de l'alimentation des femmes au Vanuatu, celles-ci devaient remplir un tableau analysant la fréquence de consommation hebdomadaire de certains aliments consommés au pays, tels que le manioc et la banane.

Données anthropométriques : Un an après la collecte des données pendant la grossesse, la croissance physique du nourrisson a été mesurée. Les nourrissons étaient âgés de 4 à 12 mois. Des techniques standards (Lohman, Roche, & Martorell, 1988) ont été utilisées pour mesurer la taille et le poids, la circonférence de la tête et du bras, et les plis cutanés du triceps et du sous-scapulaire. Les valeurs ont été comparées aux normes de croissance de l'Organisation mondiale de la santé (World Health Organization, 2017) et des scores Z spécifiques au sexe et à l'âge ont été calculés. Étant donné la petite taille de l'échantillon et la grande variabilité dans les mesures de croissance des

nourrissons au cours de la première année de vie, nous nous concentrons ici sur l'IMC, pour favoriser la comparaison avec d'autres études.

3.2 Analyses

Les détails des analyses statistiques pour chaque étude sont présentés dans les chapitres V et VI. Brièvement, nous avons calculé les scores moyens pour la détresse pendant la grossesse et post-partum. Nous avons eu recours à des analyses de régression pour analyser les relations directes et interactives de la détresse et la diversité alimentaire avec le poids à la naissance. Nous avons utilisé des analyses de régression pour évaluer les relations entre la détresse et le régime alimentaire pendant la grossesse et la croissance physique du nourrisson (scores Z) un an plus tard. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS version 20.0.

CHAPITRE IV

ARTICLE 1: RELATIONSHIPS BETWEEN MENTAL HEALTH AND DIET DURING PREGNANCY AND BIRTH OUTCOMES IN A LOWER-MIDDLE INCOME COUNTRY: “HEALTHY MOTHERS, HEALTHY COMMUNITIES” STUDY IN VANUATU

Cette section présente une partie des résultats de cette recherche qui fut soumise sous forme d’article scientifique à la revue *American Journal of Human Biology*. L’article a été accepté pour publication le 11 août 2020.

Relationships between mental health and diet during pregnancy and birth outcomes in a lower-middle income country: “Healthy mothers, healthy communities” study in Vanuatu

Ann-Sophie Therrien¹, Giovanna Buffa², Amanda B. Roome³, Elizabeth Standard², Alysa Pomer⁴, Jimmy Obed⁵, George Taleo⁵, Len Tarivonda⁵, Chim W. Chan⁶, Akira Kaneko^{6,7}, Kathryn M. Olszowy⁸, Kelsey Needham Dancause¹

¹Department of Physical Activity Sciences, University of Quebec in Montréal, Montreal QC, Canada

²Department of Anthropology, Binghamton University, Binghamton NY, USA

³Bassett Research Institute, Mary Imogene Bassett Hospital, Cooperstown NY, USA

⁴Department of Chronic Disease Epidemiology, Yale School of Public Health, New Haven CT, USA

⁵Ministry of Health, Port Vila, Republic of Vanuatu

⁶Department of Parasitology, Graduate School of Medicine, *Osaka* City University, Osaka, Japan

⁷Island Malaria Group, Department of Microbiology, Tumor and Cell Biology, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden

⁸Department of Anthropology, New Mexico State University, Las Cruces NM, USA

Abstract

Poor maternal mental health during pregnancy is associated with adverse birth outcomes, including lower birthweight and gestational age. However, few studies assess both mental health and diet, which might have interactive effects. Furthermore, most studies are in high-income countries, though patterns might differ in low- and middle-income countries (LMICs). **Objectives:** To analyze relationships between mental health and diet during pregnancy with birth outcomes in Vanuatu, a lower-middle income country. **Methods:** We assessed negative emotional symptoms of depression, anxiety, and stress (referred to as “distress”) and dietary diversity during pregnancy, and infant weight and gestational age at birth, among 187 women. We used multivariate linear regression to analyze independent and interactive relationships between distress, dietary diversity, and birth outcomes, controlling for sociodemographic and maternal health covariates. **Results:** There were no direct linear relationships between dietary diversity or distress with infant birthweight or gestational age, and no curvilinear relationships between distress and infant outcomes. We observed interactive relationships between distress and dietary diversity on birthweight, explaining 2.1% of unique variance ($p=0.024$). High levels of distress predicted lower birthweights among women with low dietary diversity. These relationships were not evident among women with moderate or high dietary diversity. **Conclusions:** Relationships between mental health and diet might underlie inconsistencies in past studies of prenatal mental health and birthweight. Results highlight the importance of maternal mental health on birthweight in LMICs. Interactive relationships between mental health and diet might ultimately point to new intervention pathways to address the persistent problem of low birthweight in LMICs.

Keywords: depression; anxiety; stress; DOHaD (developmental origins of health and disease); RMNCAH (reproductive, maternal, newborn, child, and adolescent health)

Introduction

Maternal mental health during pregnancy has implications for not only maternal well-being, but also that of the infant. A large body of literature shows relationships between distress during pregnancy, and related symptoms of anxiety, depression, and stress, with adverse birth outcomes such as prematurity and low birthweight (Accortt, Cheadle, & Dunkel Schetter, 2015; Beydoun & Saftlas, 2008; Ding et al., 2014; Dunkel Schetter & Tanner, 2012; Gelaye, Rondon, Araya, & Williams, 2016; Graignic-Philippe, Dayan, Chokron, Jacquet, & Tordjman, 2014; Grote, Bridge, Gavin, Melville, Iyengar, & Katon, 2010; Hobel, Goldstein, & Barrett, 2008; Kingston, Tough, & Whitfield, 2012). This likely reflects maternal physiological responses to distress such as changes in stress hormones, inflammatory cytokines, and blood circulation that, during pregnancy, might also affect the developing fetus (Glover, 2014; Hobel & Culhane, 2003; Lazinski, Shea, & Steiner, 2008). The term “distress” refers generally to a negative emotional state and encompasses negative emotional symptoms of anxiety, depression, and stress (Drapeau et al., 2012; Kingston, Tough, & Whitfield, 2012). As such, these constructs are often discussed together. In the absence of psychological disorders, distress can be thought of as a negative emotional reaction to stress that may be acute or chronic, and that is experienced by everyone to varying degrees (Drapeau et al., 2012).

Relationships between prenatal distress and infant development outcomes are complex and affected by a number of moderating and mediating factors. For example, relationships often differ based on the sex of the infant and timing of exposure to distress during gestation (Beydoun & Saftlas, 2008; Dunkel Schetter & Tanner, 2012; Kingston, Tough, & Whitfield, 2012). Furthermore, past studies suggest that prenatal distress might interact with diet to affect birth outcomes, as well as physical, motor, cognitive, and behavioral development later in childhood and throughout life (Entringer et al., 2012; Eriksson, 2005; Hoher, 2007; Lindsay, Buss, Wadhwa, &

Entringer, 2017). Unfortunately, these variables are usually analyzed in isolation, and few studies have assessed interactive effects of mental health and diet during pregnancy (Lindsay et al., 2017). Finally, although most published studies highlight relationships between poor mental health and adverse developmental outcomes such as low birthweight or prematurity, some studies indicate curvilinear relationships. For example, greater prenatal anxiety, nonspecific stress, and depressive symptoms predicted enhanced motor development at age 2, suggesting that mild to moderate levels of distress might promote some aspects of fetal and infant growth and development (DiPietro, 2012), particularly among socially advantaged samples. However, curvilinear relationships between distress and infant development are rarely analyzed or discussed. Studies integrating analyses of potential interactive and curvilinear relationships among more diverse samples could contribute to our understandings of the complex relationships between prenatal distress and infant development.

Our most comprehensive studies of prenatal distress come from industrialized countries. Results and conclusions might not be generalizable to LMICs, where prenatal and mental health resources might differ. Available studies in LMICs have shown greater risk of low birthweight and prematurity among infants exposed to prenatal anxiety (Ding et al., 2014), depression (Accortt et al., 2015; Dunkel Schetter & Tanner, 2012; Grote et al., 2010), distress (Premji, 2014), and various measures of stress (Buffa et al., 2018). Furthermore, meta-analyses suggest that relationships between prenatal depression and low birthweight are more pronounced in developing countries or LMICs compared to the United States (Grote et al., 2010), and relationships between prenatal anxiety and low birthweight are more pronounced in Asian countries (in this case, Bangladesh and China, both LMICs) compared to European countries (Ding et al., 2014). However, results are not always consistent. This reflects methodological limitations such as retrospective assessment of mental health, which might bias results; reliance on only one or a few questions to assess

distress in several studies; and a lack of consideration of covariates such as infant sex, timing of exposure, and maternal characteristics (Buffa et al., 2018). Furthermore, researchers and clinicians in many LMICs lack access to validated tools to assess distress, anxiety, depression, and stress, which leads to difficulty in collecting data and comparing results to other studies. Finally, as mental health is a recently growing priority in many LMICs, public awareness and cultural perceptions of mental health and symptoms of distress might differ among populations. Together, these challenges contribute to a lack of data on prenatal mental health and infant development outcomes in LMICs.

As many of the adverse birth outcomes associated with distress during pregnancy, such as low birthweight and prematurity, remain pronounced in LMICs, more detailed studies in LMICs are necessary. These might point to pathways to improve maternal and child outcomes in these settings, and might also advance research on the complex relationships between prenatal mental health and infant developmental outcomes, and potential mediating and moderating factors not detected in other studies.

The “Healthy mothers, healthy communities” study in Vanuatu

Since 2007, we have studied population health in Vanuatu, a lower-middle income country in the South Pacific. In 2015, we created the “Healthy mothers, healthy communities” study to assess the role of maternal distress and diet during pregnancy on infant development from birth to age 2. In 2015, we used questionnaires to assess dietary diversity and acute distress due to a cyclone among pregnant women, and analyzed their relationships with infant outcomes at birth. We followed up with studies of dietary diversity and non-specific psychological distress (that is, chronic or daily distress not related to a specific event) among a different sample of women in 2016. Together, these studies were designed to foster analyses of interactions between

distress and diet during pregnancy and their relationships with infant development in a lower-middle income country, and to allow us to compare effects of acute and chronic or non-specific distress.

Our objective in the current study was to assess relationships between non-specific distress and dietary diversity during pregnancy and outcomes of the women's infants at birth. We hypothesized that a greater level of distress and lower dietary diversity during pregnancy would predict lower birthweight and shorter gestational age. Moreover, we hypothesized that these variables would have interactive relationships on infant outcomes.

Methods

This study was reviewed and approved by the Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains (Institutional Committee on Ethics for Research Involving Humans) at the University of Quebec in Montréal, and by the Vanuatu Ministry of Health.

Sample

In June-July 2016, we distributed questionnaires regarding mental health and diet among women of reproductive age in Vanuatu. Participants were recruited through convenience sampling, primarily at the prenatal health clinic at Vila Central Hospital on Efate island. Women from islands across the archipelago come to the central hospital for prenatal care and delivery. As such, the central hospital is the location of an estimated 40% of the annual births in Vanuatu, based on our comparisons of hospital birth records with census data on the total number of annual births. Additional convenience sampling was conducted at open-air markets, women's centers, and health clinics on Efate island as well as two other islands, Aneityum and Tanna. On Aneityum

and Tanna, participants were also recruited through community health studies conducted in collaboration with a malariometric survey team. A total of 1365 women completed questionnaires. Of these, 659 were pregnant at the time of the data collection. Among the pregnant women, 551 had complete data on distress and 533 had complete data on dietary diversity. Women were at various stages of pregnancy at the time of data collection.

Following delivery of all infants in the sample, we collected birth records from the central hospital and clinics indicating maternal and infant characteristics, for women who had complete data on distress during pregnancy (most of these also had complete data on diet during pregnancy). Birth records in the central hospital and in clinics are hand-written in large notebooks. Because of imprecisions in data entry in the birth records (such as recording only the first name), matching women to birth records with confidence is challenging. We used data on maternal name, age, number of children, and village to match participants with birth records. We were able to identify birth records for 327 of the 551 pregnant women with data on distress (58.1%). Participants with live singleton births were eligible for inclusion; seven participants were excluded, because of stillbirth (3 participants), twins (2 participants), and fetal death in utero (2 participants).

Among the remaining 320 participants, we excluded participants who completed the questionnaire the week before delivery ($n=26$) because of potential confounding with distress related specifically to labor and delivery. Furthermore, we excluded 107 participants with incomplete data on infant sex, birthweight, and other delivery and maternal characteristics, to allow us to control for maternal medical and sociodemographic characteristics that would be expected to influence birth outcomes. The current sample thus includes 187 women with complete maternal and infant data in birth records, all of whom had complete data on distress and diet during pregnancy. Figure 1 illustrates a summary of participant sampling and inclusion.

Instruments

Collection of data on distress and diet during pregnancy was via a self-administered questionnaire that also included maternal sociodemographic data (age, education, number and ages of children) and pregnancy status. Questionnaires were in Bislama, a Melanesian pidgin language used across Vanuatu.

Distress: We translated questions from the Kessler-10 (K-10) Distress Scale (Andrews & Slade, 2001) and the Center of Epidemiological Studies Depression Scale (CES-D) (Radloff, 1977). The K-10 Distress Scale (Kessler et al., 2002) is a 10-item screening tool for non-specific psychological distress encompassing symptoms of anxiety, depression, nervousness, and stress. Responses are on a 5-point scale. The CES-D is a 20-item questionnaire assessing symptoms of depression such as sadness, loss of interest, and fatigue. Responses are on a 4-point scale. Of the 20 items, 4 are positively worded (example: “I was happy”) and are reverse-coded to calculate the final score.

We translated the English questionnaires and responses into Bislama and reviewed them with native speakers. Excluding the 4 positively-worded questions, the CES-D and K-10 comprise 26 questions of negative emotional state including negative affect, somatic symptoms such as fatigue or retarded activity, nervousness, motor agitation, and interpersonal symptoms. Of these, two are nearly identical between the two questionnaires, and several others address closely-related constructs with differences in wording. For example, both questionnaires include multiple questions on negative affect (CES-D and K-10: “I felt depressed;” CES-D: “I felt sad;” CES-D: “I could not shake off the blues even with help from my family or friends;” K-10: “I felt so sad that nothing could cheer me up”). With translation into Bislama, nuances between these questions were lost, leading to repetition in some items. To avoid questionnaire fatigue, we removed redundant questions from the Bislama questionnaire. As such, our final questionnaire included 15 items addressing symptoms of anxiety, depression,

nervousness, and stress, referred to here as “distress”. The 15 questions included the main constructs assessed in the CES-D and the K-10, with four questions on negative affect, four on fatigue or retarded activity, four on nervousness, two on motor agitation, and two on interpersonal symptoms. Responses were on a 4-point scale from 1 (not at all) to 4 (all the time) and assessed symptoms over the previous week. We used the mean score for the distress scale in the current analyses.

Diet/Dietary Diversity: We collected 24-hour dietary recall, as in our past studies in Vanuatu (Pomer et al., 2019; Pomer et al., 2018; Zahlawi et al., 2019), and classified foods into nine groups based on micronutrients using the Women’s Dietary Diversity Score (FAO, 2016). We chose the Women’s Dietary Diversity Score because it is a widely used indicator of micronutrient adequacy, which promotes comparison to other studies. Dietary diversity was calculated as the number of groups represented in the 24-hour recall. Values in the current sample ranged from 1 to 7.

Maternal health characteristics during pregnancy

Birth records in Vanuatu include key variables on maternal sociodemographic and health characteristics including age, parity, number of prenatal visits, highest recorded blood pressure during pregnancy, hemoglobin during pregnancy, and notes on the delivery such as blood loss, type of delivery (caesarean, vaginal), and obstetric complications. We classified hypertension during pregnancy based on highest recorded blood pressure (systolic blood pressure ≥ 140 mmHg or diastolic blood pressure ≥ 90 mmHg), and anemia based on hemoglobin levels (≤ 11 g/dL). Diagnosis of syphilis, Hepatitis B, and other sexually transmitted infections is noted in birth records. We created a binary variable for any Sexually Transmitted Infections based on these diagnoses. Maternal age and number of children reported on the questionnaire were compared to data on parity recorded in birth records for verification.

Infant outcomes at birth

From birth records, we recorded date of birth, sex, birthweight (kg), gestational age (weeks), and Apgar scores at 1, 5, and 10 minutes, as well as notes about the health of the baby. We computed sex-specific birthweight Z-scores based on World Health Organization standards (WHO, 2006).

Timing of assessment during pregnancy

The timing of completion of the questionnaire during pregnancy was computed based on the difference between the date of questionnaire completion and the birth of the infant. We subtracted this value, in days, from 280 (the length of a term pregnancy). Thus, this value represents the number of days the mother was pregnant when she completed the questionnaire, with lower values indicating completion of the questionnaire in early pregnancy, and higher values indicating completion of the questionnaire in late pregnancy.

Analyses

We examined descriptive statistics and correlations among variables. We used three different hierarchical linear regression models to test relationships between maternal distress and dietary diversity, and infant birthweight. In Model 1, we tested direct linear relationships between prenatal diet, distress, and birthweight. In Model 2, we tested interactive relationships between prenatal diet and distress on birthweight. In Model 3, we tested curvilinear relationships between prenatal distress and birthweight. Hierarchical regression was used to isolate effects of variables of interest in different blocks. In all models, in Block 1, we first entered covariates expected to be related to birthweight, including infant sex and gestational age; maternal sociodemographic characteristics including age, parity, and marital status; maternal health characteristics

from medical records including the number of prenatal visits, sexually transmitted infections, high blood pressure, and anemia; and the timing of completion of the questionnaire during pregnancy. In Block 2, we entered dietary diversity. In Block 3, we entered distress. Model 1 included only these three blocks.

For Models 2 and 3, we entered a fourth Block including either the quadratic term for distress to test curvilinear relationships between distress and birthweight (Model 2); or the interaction term between dietary diversity and distress to test interactive effects (Model 3).

The same three models were run with gestational age as the dependent variable, except that gestational age was removed from the covariates in Block 1.

Both distress and dietary diversity were right-skewed. We log-transformed these variables and re-ran analyses to validate significant results. We also re-ran analyses excluding infants with birthweight greater than 4.500 kg (described below) to validate significant results.

Significant interactive relationships were illustrated by plotting linear relationships between birthweight and distress at three different values of dietary diversity (low=2, moderate=4, high=6). The values for low, moderate, and high dietary diversity represent the 10th, 50th, and 90th percentiles in the current sample.

Analyses were conducted in SPSS version 22.0 (Armonk, NY: IBM Corp.). P-values less than 0.05 were considered statistically significant.

Results

Descriptive statistics

We compared characteristics between women who were included in the analyses (n=187), and those who had data on distress and birth records with singleton live births but who were excluded from analyses (n=133 total) because of completion of the questionnaire in the week before delivery (n=26) or lack of complete data on maternal and infant characteristics (n=107). There were no differences in variables of interest with the exception of timing of questionnaire completion during pregnancy, as women who completed the questionnaire in the week before delivery were excluded from the current analyses. Table 1 shows descriptive statistics for all participants.

Prevalence of low birthweight (5.3%) and premature birth (8.0%) in the sample with complete data were consistent with figures observed in other studies in Vanuatu. Three infants (1.6% of the sample) had birthweight greater than 4.500 kg. As risk for maternal and infant morbidity has been shown to increase sharply at birthweights of more than 4.500 kg (ACOG, 2020), we re-ran analyses excluding these infants to validate significant results.

Predictors of birthweight

Results of hierarchical linear regression analyses testing predictors of birthweight are shown in Table 2. In Model 1, we observed positive significant relationships between birthweight and gestational age ($p<0.001$) and parity ($p=0.001$). There were no direct relationships between birthweight and dietary diversity ($p=0.644$) or distress ($p=0.576$). In Model 2, gestational age and parity remained significant predictors of birthweight, along with the number of prenatal visits ($p=0.037$). There were no curvilinear relationships between birthweight and distress ($p=0.075$). Finally, in Model

3, gestational age, parity, and number of prenatal visits remained significant predictors of birthweight. Dietary diversity and distress interacted to predict birthweight, explaining 2.1% of unique variance ($p=0.024$).

Results in all cases were unchanged when using log-transformed variables and when excluding infants with birthweights >4.500 kg. The interaction term between dietary diversity and distress remained significant in analyses using log-transformed variables ($p=0.019$, $R^2=0.024$) and when excluding infants with birthweights > 4.500 kg ($p=0.018$, $R^2=0.024$).

Figure 1 illustrates the interactive relationship between dietary diversity and distress. Increasing distress levels predicted lower birthweight among women with low dietary diversity, whereas these relationships were not evident among women moderate dietary diversity. Among women with high dietary diversity, greater distress predicted larger birthweights. These differences became more pronounced at high levels of distress. Thus, although predicted birthweights were within a healthy range at all levels of distress, birthweights were lowest among women with both high distress and low dietary diversity.

Predictors of gestational age

Results of hierarchical linear regression analyses testing predictors of gestational age are shown in Table 3. In all three models, we observed significant positive relationships between gestational age and parity ($p=0.020-0.023$) and number of prenatal visits ($p=0.001-<0.001$). There were no direct relationships between gestational age and dietary diversity ($p=0.536$) or distress ($p=0.932$), nor any curvilinear relationships between distress and gestational age ($p=0.402$) or interactive relationships between dietary diversity and distress ($p=0.988$).

Discussion

The objective of the current study was to assess relationships between prenatal distress, diet, and birth outcomes in a lower-middle income country. Our results highlight no direct linear relationships between either distress or dietary diversity with either gestational age or birthweight, but indicate an interactive relationship between distress and dietary diversity with birthweight. Relationships persisted when controlling for important covariates including available data on maternal parity, number of prenatal visits, and illnesses. Analyses of covariates showed expected relationships between parity and number of prenatal visits with both birthweight and gestational age.

The measure of diet used here, dietary diversity, provides an overview of micronutrient adequacy (FAO, 2016). Previous studies in LMICs show that low dietary diversity during pregnancy is a risk factor for low birthweight (Saaka, 2013; Zerfu, Umetsu, & Baye, 2016), highlighting the usefulness of this measure as a predictive indicator of maternal and infant health outcomes. Our current results cannot be used to quantify energy or nutrient intakes. There are likely specific micronutrients that mediate or moderate the relationships between prenatal distress and offspring outcomes, and more detailed studies remain necessary (Hobel & Culhane, 2003; Lindsay et al., 2017).

The measure of mental health used here provides an indicator of psychological distress encompassing symptoms of anxiety, depression, nervousness, and stress. Although some psychiatric conditions are characterized by high levels of distress, in the general population distress can be viewed as an emotional reaction to stressful or negative life events that is widely assessed and that is experienced by everyone to varying degrees (Drapeau et al., 2012). This study is an extension of previous research assessing acute distress due to a cyclone and relationships with infant development. This follow-up was designed to provide a perspective of chronic or non-specific distress and is built on the concept of distress as a response to stress. We contextualize our results in

relation to other studies of prenatal stress and distress, as well as studies of depression and anxiety among non-clinical samples.

Interactive relationships between prenatal stress and diet

Despite a large literature on the importance of maternal diet and mental health during pregnancy on infant health, few studies have assessed interactions between these factors on offspring development (Lindsay et al., 2017). Animal studies show that female rats exposed prenatally to high fat diet and high stress had greater percent body fat compared to control offspring, and both prenatal stress and high fat diet predisposed pups to impaired glucose tolerance if they were weaned onto a high-fat diet (Tamashiro, Terrillion, Hyun, Koenig, & Moran, 2009). This highlights the potential for interactive effects of prenatal stress and diet on offspring growth and metabolic outcomes. Among humans, a randomized controlled study indicated that women with higher salivary cortisol levels, suggestive of greater stress, had smaller infants. However, nutritional supplementation in early pregnancy negated the negative relationships between cortisol and birthweight among male infants, suggesting interactive effects of nutrition and stress (Frith, Naved, Persson, & Froncillo, 2015).

Similarly, our results show that prenatal distress and dietary diversity interact, such that high levels of distress are associated with lower birthweight among women with low dietary diversity. These relationships are not evident among women with moderate and high dietary diversity. In fact, among women with high dietary diversity, greater distress levels are associated with greater birthweight. These results suggest that dietary diversity might be protective against the potential negative effects of prenatal distress on birthweight.

Biological and physiological pathways underlying interactions between distress and nutrition during pregnancy likely reflect changes in blood circulation, placental

development, fetal hormone exposure, and nutrient metabolism (Lindsay et al., 2017). For example, both maternal mental health (O'Donnell, O'Connor, & Glover, 2009; Teixeira, Fisk, & Glover, 1999) and diet (Belkacemi, Nelson, Desai, & Ross, 2010) might affect uterine or placental blood flow and vascularization and thereby reduced nutrient delivery to the fetus. Similarly, the maternal stress response results in the mobilization of energy stores to respond to the stressor (Rabasa & Dickson, 2016), which might direct energy away from the developing fetus. Further exacerbating these effects, maternal cortisol results in altered placental and fetal nutrient metabolism (Vaughan, Davies, Ward, de Blasio, & Fowden, 2016), potentially resulting in decreased fetal nutrient uptake. In concert, poor maternal nutritional status might result in reduced levels of the enzyme in the placenta that buffers the fetus from maternal cortisol, 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase (Lesage, Blondeau, Grino, Breant, & Dupouy, 2001). As such, poor nutritional status could result in increased fetal exposure to cortisol, which is one of the key mechanisms thought to underlie relationships between prenatal distress and adverse developmental outcomes. Furthermore, both stress (Bronson & Bale, 2014) and poor micronutrient intake (Baker, Hayes, & Jones, 2018) can induce a pro-inflammatory state in the placenta, and recent studies among humans show interactive effects of diet and perceived stress during pregnancy on maternal inflammatory profiles (Lindsay, Buss, Wadhwa, & Entringer, 2018). In contrast, a healthier diet might result in improved placental vascularization and larger placental size that not only results in improved oxygen and nutrient delivery to the fetus, but that could help to buffer the fetus from negative effects of high levels of maternal cortisol (Frith et al., 2015).

In addition to biological and physiological mechanistic pathways, distress and diet are associated with health behaviors that might further exacerbate risk. For example, both high levels of stress (Lobel, Cannella, Graham, DeVincent, Schneider, & Meyer, 2008) and poor diet (Olafsdottir, Skuladottir, Thorsdottir, Hauksson, & Steingrimsdottir, 2006) are associated with increased maternal tobacco use, which could have

independent effects on birthweight. Similarly, poor diet (Loprinzi, Smit, & Mahoney, 2014) and high stress or distress (Gilbert, Gross, Lanzi, Quansah, Puder, & Horsch, 2019; Lobel et al., 2008; Omidvar, Faramarzi, Hajian-Tilaki, & Nasiri Amiri, 2018) are associated with inadequate physical activity, which has been associated with both low birthweight and with macrosomia. Thus, health behaviors might mediate or moderate the effects of distress and diet on birth outcomes. Studies in high-income countries show that the strength of relationships between maternal distress and health behaviors differ based on sociodemographic factors such as income, education, and ethnicity (St-Pierre, Sinclair, Elgbeili, Bernard, & Dancause, 2019). As such, we would likely expect cross-cultural variations in the health behaviors associated with maternal mental health and diet, emphasizing the need for more diverse samples in more diverse contexts.

Finally, it is likely that both prenatal distress and diet are measures of broader social or economic resources that are associated with birth outcomes. For example, a large body of literature shows that better social support is a strong predictor of maternal mental health and well-being (Balaji, Claussen, Smith, Visser, Morales, & Perou, 2007). Similarly, research from LMICs shows that strong social connectedness and support have been associated with more diverse diets (Mbugua, Nzuma, Muange, Njuguna, & Jaekering, 2018) and better food security (Lee, Surkan, Zelner, Paredes Olórtegui, Peñataro Yori, Ambikapathi, Caulfield, Gilman, & Kosek, 2018), likely driven by both shared resources and shared nutritional knowledge. In concert, social support is a strong direct and independent predictor of larger birthweight (Feldman, Dunkel-Schetter, Sandman, & Wadhwa, 2000), and might indirectly affect birth outcomes through factors such as utilization of prenatal care. In both high-income countries and LMICs, lack of social support is a major barrier to adequate prenatal care utilization, whereas adequate social support might promote better utilization through financial support that could enable women to take time off work or pay for transport to the prenatal clinic, for example; instrumental support, such as providing childcare while women attend

appointments; or transfer of health knowledge and education (Roozbeh, Nahidi, & Hajiyani, 2016; Sharma, O'Connor, & Rima Jolivet, 2018). Behavioral and social factors likely act synergistically with maternal mental health and diet, highlighting the need for broad studies that analyze multiple features of the maternal environment.

Ultimately, more detailed studies of the interactive effects between prenatal distress and diet might highlight new pathways to intervention. For example, when exposure to stress cannot be changed, interventions might target dietary or nutritional pathways to buffer the fetus from the potential negative effects of high levels of prenatal stress.

Direct relationships between distress and birth outcomes

Our results showed no direct linear relationships between distress and birth outcomes. The lack of relationship between distress and gestational age in the current study is not surprising given the heterogeneity observed in past studies in both LMICs and in high-income countries. In a scoping review of prenatal stress research in LMICs, significant relationships with gestational age or preterm birth were observed in one of five studies of perceived stress, four of five studies of exposure to stressful life events, and four of 10 studies of anxiety, depression, and common mental disorders, which were commonly used as indicators of prenatal stress (Buffa et al., 2018). Factors underlying heterogeneity in relationships between maternal mental health and gestational age likely include differences in relationships based on the timing of exposure during gestation and differences in relationships based on the specific components of the stress response that are evaluated (Hobel & Culhane, 2003; Wadhwa, Entringer, Buss, & Lu, 2011). In many LMICs, this is further compounded by imprecisions in measurement of gestational age that could introduce error into analyses and weaken the capacity to detect modest relationships.

Similar heterogeneity is observed in relationships between prenatal mental health and birthweight in LMICs. Scoping reviews of research in LMICs highlighted significant relationships with smaller birthweight or low birthweight in two of three studies of perceived stress, two of four studies of exposure to stressful life events, and six of 10 studies of anxiety, depression, and common mental disorders (Buffa et al., 2018). Results of the current study suggest that interactive relationships between distress and diet might represent one underlying explanation for these inconsistencies. Where dietary diversity is high, distress might not have observable effects on birthweight. However, where dietary diversity is low, relationships between distress and birthweight could be pronounced. Broader assessment of the maternal and prenatal environment is necessary to test these hypotheses.

Furthermore, distress is part of a complex stress response that encompasses not only emotional, but also biological and physiological responses that vary depending on the type and severity of the stressor. For example, effects of acute and chronic distress on infant development are expected to differ based on differences in maternal adaptive responses in these situations (Graignic-Philippe et al., 2014; Hobel & Culhane, 2003; King et al., 2012). Our own analyses of prenatal distress due to a cyclone in Vanuatu in 2015 showed direct negative relationships between distress and birthweight (Pomer et al., 2018). The lack of a direct relationship between prenatal distress and birthweight in the current study might reflect an overall lower level of chronic or daily distress in 2016 compared to the high level of acute distress following the cyclone, but also differences in maternal hormonal and inflammatory changes in response to acute versus chronic distress.

Curvilinear relationships between prenatal stress and infant and child outcomes

Although most studies analyze direct linear relationships between distress and birth outcomes, some studies show curvilinear relationships, such that moderate distress

during pregnancy promotes better developmental outcomes. Indeed, stress hormones such as cortisol are important in promoting fetal neurodevelopment (Hüther, 1998; Kapoor, Dunn, Kostaki, Andrews, & Matthews, 2006; Lazinski et al., 2008; Sandman, Davis, Buss, & Glynn, 2011, 2012), but these potential curvilinear relationships are rarely assessed. Studies among a sample of healthy, financially-stable women in the U.S. showed that greater maternal anxiety, stress, and depressive symptoms were associated with enhanced motor development among children at age 2 (DiPietro, Novak, Costigan, Atella, & Reusing, 2006). Similarly, studies of prenatal stress due to an ice storm in Canada showed that children with moderate prenatal stress exposure had better cognitive outcomes than their peers with either low or high levels of stress exposure (Laplante, Brunet, Schmitz, Ciampi, & King, 2008). The authors note that the samples in these studies are largely composed of socially advantaged women, and both studies are in high-income countries. Social and economic resources affect an individual's capacity to respond to stress, and the positive relationships between prenatal distress exposure and infant development in these two studies reflects that among women with adequate resources, some level of distress is normal and beneficial to infant development. We would expect different results among socially disadvantaged samples, among whom high levels of distress might overwhelm the capacity to respond and thus result in negative infant developmental outcomes.

The positive relationship between birthweight and distress among women with high dietary diversity in the current study might be contextualized in light of these results. Women with high dietary diversity likely also represent those with greater social advantage. Among these women, we might expect to see positive relationships between distress and developmental outcomes until such point that the level of distress exceeds the capacity to respond, at which point the direction of the relationship would be expected to reverse. If the overall level of distress in the current sample is indeed lower than in other studies, we might not see this turning point, because even the highest levels of distress might still be well within the response capacity among more

advantaged women. Ultimately, the mechanisms underlying these positive relationships remain speculative, but these analyses highlight the need for further research focusing on specific social or other resources that help women in Vanuatu and other LMICs to respond or adapt to stress, and that might buffer pregnant women and their infants from potential negative relationships between prenatal distress and adverse birth outcomes.

Future directions

The results of this study highlight a number of future research directions to advance our understanding of prenatal distress and infant development, its interactions with diet, and its role in maternal and infant health. Assessments of maternal coping strategies and resources such as social support that might buffer infants from the potentially negative outcomes of prenatal distress remain necessary. Furthermore, more detailed studies of nutrient and energy intake might allow for identification of specific dietary profiles that interact with prenatal distress to affect infant development. Such studies would benefit from cross-cultural comparisons to reflect diverse dietary patterns and diverse perceptions of mental health, highlighting the importance of expanding this body of research in LMICs.

Strengths and Limitations

The self-report measure of maternal mental health is a limitation of the current study. Our questionnaires were translated and adapted from validated instruments to screen for distress, depression, and anxiety. However, distinctions between some terms were lost in translation, and we thus cannot distinguish between symptoms of distress, anxiety and depression specifically, but rather assess non-specific distress more generally. Similarly, our translations have not been validated against clinical diagnoses and we cannot identify cut-offs suggestive for mental disorders. Our ability to control

for potential confounders is also limited. We included available data on maternal medical history in analyses, but detailed data on maternal illnesses and medications throughout pregnancy were not available. Furthermore, in order to limit the length of the questionnaire, we restricted our data collection to key sociodemographic variables, distress, and diet. More detailed assessment of dietary intake to allow quantification of macro- and micronutrient intake, and broader assessment of maternal and household characteristics including potential moderators of distress such as coping styles and social support, would provide a more nuanced perspective. Similarly, the collection of data at only one time point provides a limited perspective of maternal characteristics that could affect birthweight throughout pregnancy. Variations in distress and diet over the course of pregnancy are not captured with our single assessment. Finally, our analyses have not been corrected for multiple testing, and similar analyses in other cohorts are necessary to validate our results and to promote generalization of conclusions.

The prospective nature of data collection is a major strength of this study, such that women's responses to the questionnaire are not biased by the outcome of their pregnancy. Similarly, the collection of data on maternal and infant characteristics from medical records, rather than from maternal recall as in some studies, reduces risk of error and bias. Our study is also strengthened by sampling at the central hospital, which serves women from islands across the archipelago, allowing for a more diverse sample and for broader generalizability of results. Finally, although not validated against clinical diagnoses, our questionnaire is developed from tools used in other studies and includes multiple questions to provide a more precise perspective of maternal distress than that considered in many past studies in LMICs.

The diverse sample might not be representative of the general population of pregnant women in Vanuatu in a few aspects. First, literacy and familiarity with health research might have affected participation. The 2011 literacy rate in Vanuatu among women

aged 15-24 was 95%, and 82% among all adult women (UNESCO Statistics, 2013). Women who were not able to read Bislama, and those with less formal education who might be less familiar with health research, are expected to be underrepresented. Furthermore, women who received care from traditional healers and midwives – often women with greater parity – and those without the social and financial resources to seek prenatal care, are likely underrepresented. Finally, mean gestational age at the first prenatal visit in Vanuatu is 21.5 weeks, and as our primary recruitment was at prenatal clinics, our sample underrepresents women in the early stages of pregnancy. Whether these factors systematically bias the observed relationships among distress, diet, and birthweight is unclear. However, results from other studies suggest that relationships might be more pronounced among women with fewer resources and among women in the earlier stages of pregnancy, and as such, our results might be expected to underestimate the relationship among distress, diet, and birthweight.

Conclusions

Both poor mental health and poor diet have been shown to be associated with lower birthweight, and these factors might interact to exacerbate risk. This highlights the importance of assessing both mental health and diet in studies of the developmental origins of health and disease, and the need for more detailed studies of specific features of the prenatal environment that affect infant development in LMICs. The relationships between distress and diet highlighted here might be applied to identify women at high risk of low birthweight. Furthermore, interactive relationships might highlight new pathways to intervention via stress reduction or improved diet. Mental health is an increasing public health priority in many LMICs, and integrating mental health into prenatal care might represent another promising means to address the persistent problem of low birthweight in LMICs.

Author contributions

KD designed the study and, with AP and KO, directed data collection. GT and LT contributed to the study design and recruitment plan. GB, AR, ES, and AP collected the data. CC and AK assisted with recruitment and data collection. AST and KD analyzed the data and drafted the manuscript. JO provided critical input on the interpretation of results. All authors edited the manuscript for intellectual content and provided critical comments on the manuscript.

Declaration of Interest Statement

The authors report no conflicts of interest.

Funding

This work was supported by funds from the Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research and the Faculté des sciences of the Université du Québec à Montréal. KD was supported by a salary award from the Fonds *de recherche du Québec - Santé* while working on this project.

Acknowledgements

This study grew out of our collaborations with the Health Transitions in Vanuatu research team, led by Ralph Garruto and J. Koji Lum (Binghamton University), and the Stress in Pregnancy International Research Alliance, led by Suzanne King (McGill University). We are grateful to the women in the Vila Central Market who helped distribute questionnaires; Christiane Damassing for her assistance with recruitment; Christine Jackson for her assistance with accessing birth records; Alek Buffa, who helped with data collection; and those women in each of the villages who completed the questionnaire themselves, then encouraged and aided their peers to complete the questionnaire as well. We are deeply appreciative of local malaria team, who continue to allow us to work alongside them in the outer islands, including Harry Iata, the late James Yaviong, Morris Kalkoa, and Sam Yamar. Thanks to Harold Neel and Hunter Sizemore for their continued local support, without which this study would not have been possible.

CHAPITRE V

ARTICLE 2: RELATIONSHIPS BETWEEN PRENATAL DISTRESS AND INFANT BODY MASS INDEX IN THE FIRST YEAR OF LIFE IN A LOWER-MIDDLE INCOME COUNTRY

Cette section présente une partie des résultats de cette recherche qui fut soumise sous forme d'article scientifique à la revue *International Journal of Environmental Research and Public Health*. L'article a été accepté pour publication le 3 octobre à 2020.

Relationships between prenatal distress and infant body mass index in the first year of life in a lower-middle income country

Ann-Sophie Therrien¹, Giovanna Buffa², Amanda B. Roome³, Elizabeth Standard², Alysa Pomer⁴, Jimmy Obed⁵, George Taleo⁵, Len Tarivonda⁵, Chim W. Chan⁶, Akira Kaneko^{6,7}, Kathryn M. Olszowy⁸, Kelsey Needham Dancause¹

¹Department of Physical Activity Sciences, University of Quebec in Montréal, Montreal QC, Canada

²Department of Anthropology, Binghamton University, Binghamton NY, USA

³Bassett Research Institute, Mary Imogene Bassett Hospital, Cooperstown NY, USA

⁴Department of Chronic Disease Epidemiology, Yale School of Public Health, New Haven CT, USA

⁵Ministry of Health, Port Vila, Republic of Vanuatu

⁶Department of Parasitology, Graduate School of Medicine, *Osaka* City University, Osaka, Japan

⁷Island Malaria Group, Department of Microbiology, Tumor and Cell Biology, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden

⁸Department of Anthropology, New Mexico State University, Las Cruces NM, USA

Abstract

Prenatal stress affects body composition in childhood and later in life. However, few studies assess body composition in infancy. Furthermore, most are in high-income countries and do not consider interactive or curvilinear relationships. We assessed distress and diet during pregnancy via questionnaires among 310 women in Vanuatu, a lower-middle income country. We measured body mass index (BMI) among 54 infants at 4–12 months of age. We analyzed interactive relationships between prenatal distress and diet with BMI Z-scores, and curvilinear relationships between distress and BMI Z-scores. There were no direct linear or interactive relationships between prenatal distress or diet with BMI Z-scores. We observed curvilinear relationships between prenatal distress and BMI Z-scores ($p = 0.008$), explaining 13.3 percent of unique variance. Results highlight that relationships between prenatal stress and body composition are evident in infancy but might not be detected if only linear relationships are assessed. Analyses in more diverse samples might help to explain inconsistencies in past studies.

Keywords: mental health; maternal and child health; body composition; obesity; reproductive, maternal, newborn, child, and adolescent health (RMNCAH); developmental origins of health and disease (DOHaD)

1. Introduction

Research in the developmental origins of health and disease demonstrates that a stressful prenatal environment has long-term implications for physical growth and cardiometabolic outcomes such as obesity and diabetes. This likely reflects the effects of maternal stress hormones on developing fetal systems and epigenetic changes in fetal tissues that might have lifelong effects (Entringer et al., 2012; Lamichhane et al., 2020). Prenatal stress exposure might affect the developing hypothalamic pituitary adrenal axis and thereby affect growth and cardiometabolic outcomes across childhood, adolescence, and adulthood (Entringer et al., 2012). Furthermore, prenatal stress is associated with low birth weight (Gaignic-Philippe et al., 2014), which is a risk factor for obesity and could mediate or exacerbate relationships between prenatal stress and body composition.

Several gaps remain in the literature on prenatal stress and physical growth, body composition, or obesity. First, few studies assess relationships in the first years of life, although available studies indicate that relationships might be evident even in early childhood. For example, studies in the U.S. indicated smaller body mass index (BMI) Z-scores but greater central adiposity at age 3 in association with maternal corticotropin-releasing hormones, a biomarker of stress, during pregnancy (Gillman et al., 2006). Studies in Canada showed that stress due to natural disaster exposure in early pregnancy predicted increased adiposity at age 2 and a half and a greater increase in BMI Z-scores from ages 2 and a half to 4 (Dancause et al., 2015). More studies in the first years of life are necessary.

Second, most studies on prenatal stress and physical growth, body composition, or obesity are from high-income countries (Lamichhane et al., 2020). Results might differ in low- and middle-income countries (LMICs). For example, studies in Brazil (upper-middle income) showed that greater perceived stress during pregnancy predicted lower

BMI Z-scores at ages 5–8 (Rondó et al., 2013). This is in contrast to many studies from high-income countries, which tend to show increased obesity risk following prenatal stress exposure (Lamichhane et al., 2020). More detailed studies in LMICs might highlight pathways to improve maternal and child health in these settings.

Finally, past studies tend to assess direct linear relationships between prenatal stress and physical growth, body composition, or obesity. However, they also point to complexities that warrant further study. For example, prenatal stress likely interacts with prenatal diet (Entringer et al., 2012; Lindsay et al., 2017), but few studies combine analyses of these factors (Lamichhane et al., 2020; Lindsay et al., 2017). Furthermore, some studies indicate non-linear relationships between prenatal stress and child outcomes (DiPietro et al., 2006; Laplante et al., 2008), but most focus on adverse effects of prenatal stress, with little discussion of potential curvilinear relationships. Research on these nuanced relationships in more diverse samples might shed light on patterns underlying conflicting results and point to new areas of study.

“Healthy mothers, healthy communities” study

In 2015, we created the “Healthy mothers, healthy communities” study in Vanuatu, a lower-middle income country in the South Pacific, to assess the role of maternal stress and diet during pregnancy on infant development. Our objective in the current study was to assess relationships between distress and diet during pregnancy and infant body composition, via BMI Z-scores, in the first year of life. We aimed to assess interactive relationships between distress and diet on infant BMI and curvilinear relationships between distress and infant BMI.

2. Materials and Methods

This study was approved by the Institutional Committee on Ethics for Research Involving Humans at the Université du Québec à Montréal, and the Vanuatu Ministry of Health.

2.1. Sample

In June–July 2016, we distributed questionnaires regarding mental health and diet among women of reproductive age in Vanuatu. Recruitment was through convenience sampling, primarily at Vila Central Hospital, which provides prenatal care for women across the archipelago. Following delivery, we analyzed available birth records to assess relationships between prenatal distress and diet with birth outcomes. We identified birth records for 310 women who completed questionnaires during pregnancy. Descriptions of the original sample and analyses of birth outcomes are detailed elsewhere (Therrien et al., 2020).

In June–July 2017, we completed a follow-up among this cohort. Longitudinal studies in Vanuatu are complicated due to the distribution of the population across 68 islands and lack of detailed medical records, formal addresses, and telephone or email for many families. We identified 56 mother-infant dyads from the original cohort with complete data on prenatal distress. These dyads participated in assessments of maternal distress postpartum and infant body composition. Infants ranged from 4–12 months of age at the time of the follow-up.

2.2. Prenatal Assessments

Prenatal data collection was via questionnaires in Bislama, a Melanesian pidgin language used across Vanuatu. The development and properties of the distress scale

are detailed elsewhere (Therrien et al., 2020). Briefly, we translated the Kessler-10 Distress Scale (Andrews & Slade, 2001) and the Center of Epidemiological Studies Depression Scale (Radloff, 1977) into Bislama and reviewed them with native speakers. After removing redundant questions, our final questionnaire consisted of 15 items assessing symptoms of anxiety, depression, nervousness, and stress—referred to here as “distress”—over the previous week. Responses were on a 4-point scale from 1 (not at all) to 4 (all the time). The mean score was used in analyses. Diet was assessed via 24-hour recall and a food frequency questionnaire. We classified foods into nine groups based on micronutrients using the Women’s Dietary Diversity Score (FAO, 2016), a widely used indicator of micronutrient adequacy. Dietary diversity was calculated as the number of groups represented in the 24-hour recall.

2.3. Postpartum Assessments

Women completed the same distress questionnaire during postpartum assessments. We measured infant length using a portable measuring board. To assess infant weight, we weighed mothers alone and then while holding their infant and calculated the difference. We computed sex- and age-specific BMI Z-scores based on World Health Organization standards (WHO, 2019). BMI Z-scores were chosen to facilitate comparison with other studies.

3. Analyses

We examined descriptive statistics and correlations among variables. Given the small sample size, we first tested interactive relationships between distress and dietary diversity on BMI Z-scores, and curvilinear relationships between distress and BMI Z-scores, including only infant age as a covariate. In Model 1 (interactive relationship), we entered infant age (Block 1), followed by dietary diversity (Block 2), distress (Block 3), and the interaction between dietary diversity and distress (Block 4). In Model 2

(curvilinear relationship), we entered infant age (Block 1), followed by distress (Block 2), and the quadratic term for distress (Block 3). To validate significant relationships, in Model 3, we added other covariates in Block 1, including infant sex, birth weight, maternal postpartum distress, and dietary diversity during pregnancy. Analyses were conducted with SPSS version 22.0 (IBM Corp., Armonk NY, USA). *p*-values less than 0.05 were considered statistically significant.

4. Results

Descriptive Statistics

Of 56 mother-infant dyads who completed the follow-up evaluations in 2017, two were excluded from analyses because they lacked data on infant BMI. Final analyses included 54 mother-infant pairs with complete data on prenatal diet and distress and infant BMI Z-scores.

Key characteristics of the 54 women did not differ from other participants in the original sample of 310 women. Mean scores for distress were similar in the follow-up sample of 54 (2.0, SD = 0.5) and those who did not complete the follow-up (1.9, SD = 0.5) (*p* = 0.416), as were mean scores for dietary diversity during pregnancy (4.1, SD = 1.3; 4.0, SD = 1.3; *p* = 0.438) and infant birth weight (3.351 kg, SD = 0.501; 3.224 kg, SD = 0.498; *p* = 0.171).

Among the infants, 35 (64.8 percent) were boys and 19 (35.2 percent) were girls. Mean age at time of follow-up was 9.4 months (SD = 1.6), and mean BMI Z-score was 0.50 (SD = 1.35). The mean maternal postpartum distress score was 2.0 (SD = 0.4). BMI Z-scores were not correlated with prenatal dietary diversity ($r = -0.212$, $p = 0.132$) or distress ($r = -0.030$, $p = 0.830$).

Table 1 shows the results of the regression analyses. Model 1 showed no interactive relationships between prenatal dietary diversity and distress with BMI Z-scores. Model 2 indicated a curvilinear relationship between prenatal distress and BMI Z-scores ($p = 0.008$), explaining 13.3 percent of unique variance (Figure 1). In Model 3, we validated the curvilinear relationship by controlling for key covariates in Block 1. There were no significant relationships between BMI Z-scores and infant sex, birth weight, age, prenatal dietary diversity, or postpartum distress. The curvilinear relationship between prenatal distress and BMI Z-scores remained significant ($p = 0.034$), explaining 8.3 percent of unique variance. On the other hand, given the large number of variables for the sample size, the model itself showed only a trend toward statistical significance ($p = 0.080$).

5. Discussion

Our objective was to assess relationships between prenatal distress and infant BMI Z-scores in the first year of life in a lower-middle income country. Although a number of studies in LMICs have assessed relationships between prenatal stress and physical outcomes at birth, such as birth weight, few have assessed longer-term effects of prenatal stress on child growth and development (Buffa et al, 2018). Our results highlight no direct relationships between prenatal distress and BMI Z-scores, nor interactions with prenatal diet, but a curvilinear relationship between prenatal distress and BMI Z-scores. Results indicate a higher BMI for infants with both low and high prenatal distress exposure. This curvilinear relationship remains evident when controlling for key covariates, such as infant birth weight, prenatal diet, and postpartum distress, although the model including all covariates must be interpreted cautiously given the limited statistical power. Results demonstrate that relationships between prenatal distress and BMI are evident even in infancy and highlight the importance of assessing non-linear relationships. Higher BMI in infancy might be considered an adaptive response to prenatal stress and might be beneficial in LMICs where childhood

underweight remains prevalent. On the other hand, given that high BMI in the early months of life is a predictor of childhood obesity (Smego et al., 2017), these early growth patterns might have long-term public health consequences where the prevalence of childhood obesity is already high or increasing.

Most past studies on prenatal stress and physical growth, body composition, or obesity represent high-income countries. These tend to show increased obesity risk in childhood and adolescence following prenatal stress exposure (Lamichhane et al., 2020). For example, studies in Denmark showed that higher salivary cortisol during pregnancy predicted overweight at ages 2–16 (Hohwu et al., 2015). Studies in Canada showed that prenatal stress due to a natural disaster predicted obesity risk at age 5 and a half (Dancause et al., 2012), and relationships between prenatal stress and BMI became more pronounced with age (Liu et al., 2016). Similarly, Danish National Register studies indicated that bereavement during or shortly before pregnancy predicted overweight in adolescence (Li et al., 2010).

However, results are not always consistent. Studies in Denmark showed no associations between prenatal distress at 30 weeks of pregnancy and overweight at age 7 (Ingstrup et al., 2012). Similarly, the Amsterdam Born Children and their Development study showed that maternal job strain during pregnancy did not predict body composition at age 5. Furthermore, maternal cortisol showed only marginal relationships with fat mass index, with positive relationships among girls and negative relationships among boys (Van Dijk, Van Eijsden, Stronks, Gemke, & Vrijkotte, 2012). Retrospective studies in Poland showed that maternal stress predicted an increased risk of underweight among boys at ages 7–10 and decreased risk among girls, although relationships with overweight were not assessed (Zadzinska & Rosset, 2013). Finally, studies from Brazil—one of the few LMICs represented—showed that contrary to results from most high-income countries, prenatal stress predicted smaller BMI Z-scores at ages 5–8 (Rondó et al., 2013).

Results from the current study might help to shed light on these inconsistencies. Most past studies have analyzed direct linear relationships between prenatal stress and body composition or obesity risk. However, relationships between prenatal stress and developmental outcomes are complex and depend on the characteristics of the stressor, as well as the capacity to respond. Chronic or high levels of stress might overwhelm the physiological response capacity and thereby have adverse consequences for offspring development. On the other hand, exposure to some level of maternal stress hormones is necessary and adaptive for fetal development (Lazinski, Shea, & Steiner, 2008), although few studies assess these relationships. Studies in the U.S. showed that greater prenatal stress predicted enhanced motor development at age 2 (DiPietro et al., 2006), and studies in Canada showed that moderate prenatal stress predicted better childhood cognitive development at age 5 and a half (Laplante et al., 2008). Our results suggest, similarly, that prenatal stress might have curvilinear relationships with BMI, with both low and high levels of stress promoting larger BMI. Thus, relationships between prenatal stress and BMI might not be evident if only linear relationships are assessed. Furthermore, it might be possible to observe contrasting relationships among samples based on differences in overall stress levels. Among samples in which stress levels or exposure are modest, we might expect negative relationships with BMI, whereas relationships might be positive in samples exposed to severe stress.

Differences in maternal response to chronic and acute stress might also underlie inconsistent relationships (Graignic-Philippe et al., 2014). Systematic reviews show that direct positive associations between prenatal stress and body composition or obesity are usually observed in studies of natural disasters, which might represent more acute stress (Lamichhane et al., 2020). Results are less consistent in studies of perceived stress, longer-term life events, and other chronic stressors. We observed such differences in analyses of prenatal stress and birth outcomes in Vanuatu. Higher maternal distress due to a cyclone in 2015 showed direct negative relationships with birth weight (Pomer et al., 2018). However, relationships between chronic stress and

birth weight among women sampled in 2016—the cohort from which the current sample was drawn—were evident only in interaction with maternal diet (Therrien et al., 2020). Relationships with later body composition measures might also differ. In cases of acute stress, we might expect direct positive relationships, whereas in cases of chronic stress, relationships might be curvilinear or evident only in interaction with other prenatal characteristics. Overall, these results highlight the importance of assessing interactive and curvilinear relationships in studies of perceived stress or chronic stressors and infant development.

Strengths and Limitations

These results must be interpreted cautiously given the small sample size. In particular, statistical power to detect interactive effects is limited, and the lack of an interactive effect between prenatal stress and diet must thus be re-tested in other samples. Furthermore, our questionnaire measure cannot be used to diagnose mental illness or to distinguish between stress, anxiety, and depression, which might have different relationships with infant outcomes. Finally, data were collected at only one point during pregnancy and postpartum, which provides a limited perspective of the fetal and infant environment. More detailed assessments, including multiple measures across pregnancy and following delivery, would provide a more nuanced perspective.

Despite these limitations, our study is one of only a few assessing relationships between prenatal stress and body composition in infancy, and one of only a few representing LMICs. Results are strengthened by the prospective data collection on prenatal distress, such that women's responses were not biased by infant characteristics. Furthermore, our questionnaires were developed from commonly used tools and included multiple questions to provide a more precise perspective of maternal mental health than in many other studies in LMICs.

6. Conclusions

Links between prenatal stress and body composition are well documented, but inconsistencies remain. Analyses in more diverse samples and consideration of non-linear relationships might help to clarify these complexities. Ultimately, such studies could guide efforts for early identification of infants at risk of adverse developmental outcomes following prenatal stress exposure.

Author Contributions: KD designed the study and, with AP and KO, directed data collection. GT and LT contributed to the study design and recruitment plan. GB, AR, ES, and AP collected the data. CC and AK assisted with recruitment and data collection. AST and KD analyzed the data and drafted the manuscript. JO provided critical input on the interpretation of results. All authors edited the manuscript for intellectual content and provided critical comments on the manuscript.

Funding: This work was supported by funds from the Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research and the Faculté des sciences of the Université du Québec à Montréal. KD was supported by a salary award from the Fonds de recherche du Québec - Santé while working on this project.

Acknowledgments: This study grew out of our collaborations with the Health Transitions in Vanuatu research team, led by Ralph Garruto and J. Koji Lum (Binghamton University), and the Stress in Pregnancy International Research Alliance, led by Suzanne King (McGill University). We are grateful to the women in the Vila Central Market who helped distribute questionnaires; Christiane Damassing for her assistance with recruitment; Christine Jackson for her assistance with accessing birth records; Alek Buffa, who helped with data collection; and the women in each of the villages who completed the questionnaire themselves, then encouraged and aided their peers to complete the questionnaire as well. We are deeply appreciative of the local

malaria team, who continue to allow us to work alongside them in the outer islands, including Harry Iata, the late James Yaviong, Morris Kalkoa, and Sam Yamar. Thanks to Harold Neel and Hunter Sizemore for their continued local support, without which this study would not have been possible.

Conflicts of Interest: The authors report no conflicts of interest.

CHAPITRE VI

IMPLICATIONS, LIMITES, ET DIRECTIONS FUTURES

6.1 Implications

Compte tenu de la persistance du problème de faible poids à la naissance dans les PRFI, ainsi que le problème croissant de l'obésité infantile, même des effets modestes du stress prénatal pourraient être pertinents du point de vue de la santé publique. L'étude effectuée au Vanuatu nous permet d'identifier des voies d'intervention possibles afin de réduire les conséquences du stress durant la grossesse sur le développement de l'enfant. Elle souligne également l'importance d'intégrer la santé mentale dans les soins prénataux dans les PRFI. De telles interventions permettent d'obtenir des communautés en meilleure santé.

6.2 Réalités de la recherche dans les PRFI

Le manque de recherche sur le stress prénatal dans les PRFI reflète les réalités de la collecte de données dans des situations qui sont souvent difficiles dans les pays qui manquent d'infrastructures, de fonds et de personnel de santé publique adéquats. Ici, nous discutons de certains des défis de la recherche sur la santé maternelle et infantile au Vanuatu, qui se reflètent dans de nombreux autres PRFI.

Le voyage est souvent un défi de la recherche en PRFI. Il est parfois difficile de planifier un itinéraire en avance, car celui-ci risque bien souvent d'être interrompu ou modifié en raison de la température, un trop grand nombre de passagers ou même un manque de moyen de transport. Il faut donc être flexible et prévoir des jours supplémentaires pour tout imprévu. Voyager aussi loin et aussi longtemps représente des coûts considérables, voire même une limite dans le milieu de la recherche. De plus, faire de la recherche sur le terrain dans un pays à revenu faible ou intermédiaire, inclus très rarement de loger dans un hôtel trois étoiles. La tente, les sacs de couchage et les filets anti-insecte sont en général ce qui sert d'abris. En effet, étant situé sur l'une des îles rurales du pays, trouver un endroit où dormir avec un toit et des murs n'est jamais certain. Finalement, rejoindre les participantes n'est pas simple. Le transport peut être coûteux, peu fiable ou totalement indisponible. À Vanuatu, se rendre dans les villages peut nécessiter de nombreuses heures de marche, tout en devant transporter tout l'équipement et le matériel nécessaire à la recherche. Il faut donc être prêt à toute éventualité.

La recherche au Vanuatu implique également de s'adapter aux différences culturelles lors du recrutement des participants et de la collecte de données. Avant de commencer toute étude, nous rencontrons d'abord le chef de chaque village, qui par la suite expliquera le tout à la communauté vivant avec lui. Il est donc l'intermédiaire entre les chercheuses et les participantes. Nous devons parfois expliquer la recherche à plusieurs reprises et de façons différentes afin de nous assurer que toutes les participantes comprennent. Les participants ne sont souvent pas familiers avec la recherche biomédicale, nous devons donc nous asseoir avec les participantes pour les aider à répondre au questionnaire.

L'infrastructure au Vanuatu, comme dans de nombreux PRFI, peut également présenter un défi. En ce qui concerne les mesures anthropométriques, nous devons transporter avec nous du Canada une balance impédance et un ruban à mesurer. Ce dernier se

retrouve généralement coller sur un arbre ou sur un mur lorsque nous avons la chance d'en avoir à disposition. Pareil pour la pression sanguine et le taux de sucre dans le sang, que nous avons mesuré dans d'autres études, nous devons apporter le matériel nécessaire dans nos sacs de voyage et le transporter de village en village chaque jour. Cela explique le fait que nous utilisons les cheveux pour analyser le taux de cortisol dans d'autres études au Vanuatu; nous n'avons pas accès à des réfrigérateurs en permanence.

Faire des études longitudinales prospectives dans un pays comme le Vanuatu comporte plusieurs défis avec lesquels nous devons travailler. En effet, il est difficile de garder un contact avec les participantes, ce qui en résulte en un échantillon plus petit l'année suivante. Cela s'explique par le fait que les gens sont souvent très mobiles entre les îles pour le travail, ne possède pas tous de numéro de téléphone, changent de nom, ou encore déménage sur une autre île.

Malgré tout, notre équipe de chercheur se déplace chaque année sur les îles du Vanuatu, car l'importance de faire des études sur de telles populations surpassent les défis et limites avec lesquels nous devons travailler.

6.3 Limites

L'une des limitations auxquelles nous faisons face est qu'il est difficile de faire une différence entre le stress, l'anxiété et la dépression due à la traduction des questionnaires dans la langue locale. En effet, lorsque nous traduisons les questionnaires au Bislama, certaines notions et nuances entre les trois concepts s'entremêlent, puisque ceux-ci ne sont pas nécessairement des termes connus et populaires au Vanuatu. Une deuxième limite avec laquelle nous devons travailler est la possibilité que les questionnaires soient biaisés, car ceux-ci sont remplis à la main par les participantes. Autorapporter un comportement tel que le stress, l'anxiété et la

dépression, peut parfois être biaisé par manque de connaissance des termes utilisés ou par une gêne de parler du sujet. Pour continuer, la taille de l'échantillon pour la période postnatale représente elle aussi une limite avec laquelle nous devons travailler. En effet, celui-ci ne contient que 54 femmes, ce qui est plutôt faible comparativement à notre échantillon de femme enceinte. Les résultats et conclusions que nous allons ressortir peuvent donc varier et être différents pour un plus grand groupe. Finalement, nous n'avons pas de données détaillées sur la santé maternelle et les maladies mentales durant la grossesse dans le registre des naissances de l'hôpital.

6.4 Directions futures

Une étude à long terme sur le développement de l'enfant est l'une des directions que nous voulons entreprendre. Cela va nous permettre d'établir les conséquences du stress sur le développement de l'enfant sur une plus longue durée de temps, et non seulement à la naissance et petite enfance. Peu d'études abordent le développement durant l'enfance. D'autres mesures sur le développement de l'enfant pourront être incluses, telles que des mesures sur le développement cognitif et comportemental. Finalement, nous aimerais tester des interventions de bases afin de réduire le stress durant la grossesse et la période postpartum pour finalement diminuer les impacts sur le développement de l'enfant.

CONCLUSION

Comme il a été démontré dans les études précédentes, le stress prénatal est lié à plusieurs issues de la grossesse à la naissance et durant la petite enfance, tel qu'un plus faible poids à la naissance et un IMC plus faible plus tard dans la vie. En effet, dans le premier article, le stress prénatal ainsi qu'une faible diversité alimentaire ont été associés à un faible poids à la naissance. De plus, ces facteurs ont été présentés comme étant interactif l'un avec l'autre, ce qui peut aggraver le risque d'un plus faible poids. Cette relation interactive démontre l'importance d'analyser les deux variables dans les études sur la santé maternelle durant la grossesse et sur le développement de l'enfant, mais aussi l'importance de faire plus d'études détaillées sur les facteurs spécifiques qui peuvent affecter l'environnement prénatal et ainsi affecter le développement de l'enfant dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Pour ce qui est des résultats durant l'enfance présentée dans le deuxième article, le stress prénatal a été démontré comme étant lié au développement physique de l'enfant, mais ces relations ne sont pas nécessairement linéaires, ce qui pourrait expliquer les incohérences des études antérieures.

Les relations interactives démontrent une nouvelle voie d'intervention sur la réduction du stress et l'amélioration de la diète alimentaire. La santé mentale est un domaine public de plus en plus important dans la majorité des pays à revenu fiable et intermédiaire. Intégrer la santé mentale dans les soins de santé prénataux pourrait être une des façons d'approcher le problème des naissances à faible poids dans les pays à revenu faible et intermédiaire, mais aussi les problèmes de santé auxquels peuvent faire face les enfants plus tard dans la vie. En effet, de futures études analysant le stress prénatal et le développement de l'enfant pourraient orienter leurs efforts sur

l'identification précoce des nourrissons les plus à risque de présenter des effets indésirables sur le développement après une exposition au stress prénatal.

ANNEXE A

TABLEAUX ORIGINAUX SOUMIS POUR PUBLICATION

Table 1.1: Sample characteristics with p-values testing differences in means or frequencies for women with complete (n=187) and incomplete (n=133) data

Variable	Incomplete data, excluded from current analyses		Complete data, included in current analyses		p-value
	N	Mean (SD) / n (%)	N	Mean (SD) / n (%)	
<u>Maternal characteristics</u>					
Age (years)	133	25.6 (5.0)	187	25.9 (5.2)	0.660
Parity	89	2.2 (1.3)	187	2.1 (1.2)	0.574
Marital status (married)	107	35 (32.7)	187	48 (25.7)	0.197
# prenatal visits	107	5.9 (2.2)	187	6.1 (2.1)	0.383
STI diagnosis	133	3 (2.3)	187	9 (4.8)	0.235
High blood pressure	86	16 (18.6)	187	31 (16.6)	0.680
Anemia	46	9 (19.6)	187	40 (21.4)	0.786
Days Pregnancy	130	230 (48)	187	212 (49)	0.001
Diet Diversity	125	3.9 (1.3)	187	4.2 (1.3)	0.065
Distress	133	1.9 (0.5)	187	1.9 (0.5)	0.715
<u>Infant characteristics</u>					
Infant birthweight (kg)	128	3.249 (0.516)	187	3.228 (0.496)	0.719
Infant birthweight Z-score	128	-0.16 (1.13)	187	-0.19 (1.06)	0.807
Infant gestational age (weeks)	101	38.7 (1.5)	187	38.9 (1.5)	0.303

STI = Sexually transmitted infection

Table 1.2: Summary of regression models testing predictors of birthweight. Beta = standardized regression coefficient. Significant values in bold.

	<u>Model 1</u>			<u>Model 2</u>			<u>Model 3</u>		
	(F=5.168, p<0.001, R ² =0.263)			(F=5.078, p<0.001, R ² =0.276)			(F=5.284, p<0.001, R ² =0.284)		
	Beta	p-value	Unique R ²	Beta	p-value	Unique R ²	Beta	p-value	Unique R ²
<u>Infant characteristics</u>									
Sex	-0.01	0.917	0.260 ^a	-0.02	0.766	0.260 ^a	-0.01	0.847	0.260 ^a
Gestational age	0.32	<0.001		0.32	<0.001		0.32	<0.001	
<u>Maternal characteristics</u>									
Age	-0.09	0.394		-0.06	0.583		-0.07	0.459	
Parity	0.31	0.001		0.32	0.001		0.32	0.001	
Marital status	0.07	0.347		0.07	0.380		0.08	0.305	
# prenatal visits	0.13	0.070		0.15	0.037		0.14	0.047	
STI diagnosis	-0.02	0.753		-0.02	0.794		-0.01	0.851	
High blood pressure	0.05	0.444		0.04	0.569		0.05	0.443	
Anemia	0.12	0.076		0.13	0.063		0.13	0.066	
Days of pregnancy	-0.10	0.149		-0.09	0.194		-0.11	0.103	
Dietary diversity	0.03	0.644	0.001	0.02	0.830	0.001	-0.52	0.041	0.001
Distress	-0.04	0.576	0.001	0.64	0.098	0.001	-0.51	0.020	0.001
Distress squared (Curvilinear)	---	---	---	-0.70	0.075	0.013	---	---	---
Diet * Distress (Interaction)	---	---	---	---	---	---	0.66	0.024	0.021

STI = Sexually transmitted infection; a) R² for Block 1, all covariates

Table 1.3: Summary of regression models testing predictors of gestational age. Beta = standardized regression coefficient. Significant values in bold.

	Model 1			Model 2			Model 3		
	(F=1.072, p=0.076, R ² =0.097)			(F=1.616, p=0.091, R ² =0.100)			(F=1.551, p=0.110, R ² =0.097)		
	Beta	p-value	Unique R ²	Beta	p-value	Unique R ²	Beta	p-value	Unique R ²
Infant characteristics									
Sex	0.06	0.425	0.095 ^a	0.07	0.379	0.095 ^a	0.06	0.426	0.095 ^a
Maternal characteristics									
Age	-0.15	0.160		-0.17	0.129		-0.15	0.162	
Parity	0.24	0.020		0.24	0.023		0.24	0.021	
Marital status	-0.12	0.158		-0.11	0.170		-0.12	0.160	
# prenatal visits	0.28	<0.001		0.27	0.001		0.28	<0.001	
STI diagnosis	-0.00	0.959		-0.01	0.938		-0.00	0.959	
High blood pressure	0.01	0.911		0.02	0.840		0.01	0.912	
Anemia	0.00	0.979		-0.00	0.992		0.00	0.980	
Days of pregnancy	0.00	0.954		-0.00	0.989		0.00	0.954	
Dietary diversity	0.05	0.536	0.002	0.06	0.468	0.002	0.05	0.854	0.002
Distress	0.00	0.932	0.000	-0.35	0.418	0.000	0.01	0.968	0.000
Distress squared (Curvilinear)	---	---	---	0.36	0.402	0.004	---	---	---
Diet * Distress (Interaction)	---	---	---	---	---	---	-0.01	0.988	0.000

STI = Sexually transmitted infection; a) R² for Block 1, all covariates

Table 2.1: Summary of regression models testing predictors of body mass index (BMI) Z-scores. Beta = standardized regression coefficient. Significant values in bold.

	Model 1			Model 2			Model 3		
	(F=1.402, p=0.248, R ² =0.107)			(F=2.993, p=0.040, R ² =0.158)			(F=1.997, p=0.080, R ² =0.239)		
	Beta	p-value	Unique R ²	Beta	p-value	Unique R ²	Beta	p-value	Unique R ²
Covariates									
Sex (boy=0, girl 1)	---	---	---	---	---	---	0.01	0.957	0.123 ^a
Birthweight (kg)	---	---	---	---	---	---	0.19	0.151	
Distress postpartum	---	---	---	---	---	---	-0.20	0.162	
Age (months)	-0.11	0.441	0.023	-0.18	0.191	0.023	-0.17	0.195	
Pregnancy characteristics									
Dietary diversity	0.62	0.302	0.041	---	---	---	-0.10	0.457	0.033
Distress	0.54	0.227	0.003	-2.90	0.008	0.001	-2.35	0.038	0.001
Diet * Distress (Interaction)	-0.98	0.158	0.039	---	---	---	---	---	---
Distress squared (Curvilinear)	---	---	---	2.89	0.008	0.133	2.39	0.034	0.083

a) R² for Block 1, all covariate

ANNEXE B

FIGURES ORIGINALES DES ARTICLES SOUMIS POUR PUBLICATION

Figure 1: Summary of participant recruitment and selection

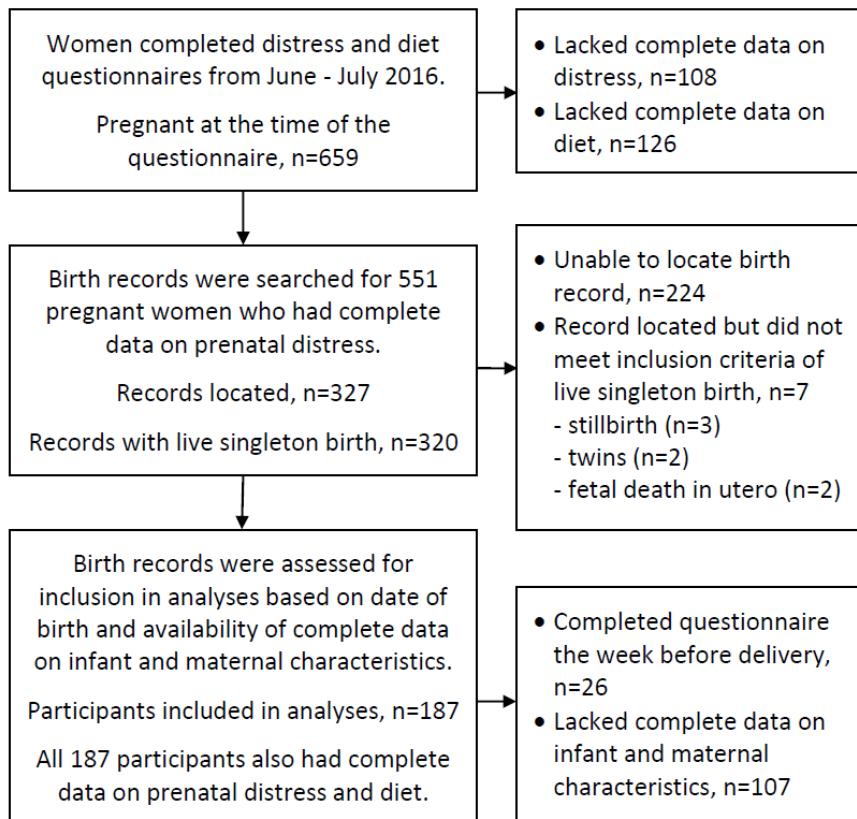


Figure 2: Interactive relationship between dietary diversity and distress with birthweight, plotted from results of hierarchical regression analyses. Linear relationships between birthweight and distress are plotted at three different values of dietary diversity (low=2, moderate=4, high=6), representing the 10th, 50th, and 90th percentiles in the current sample.

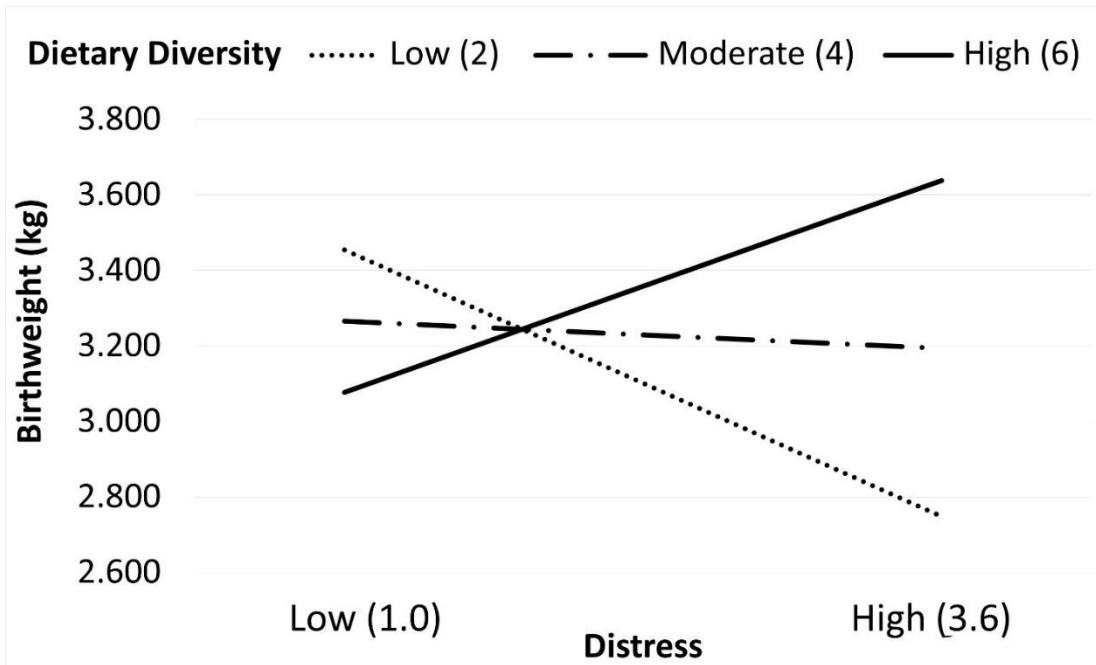
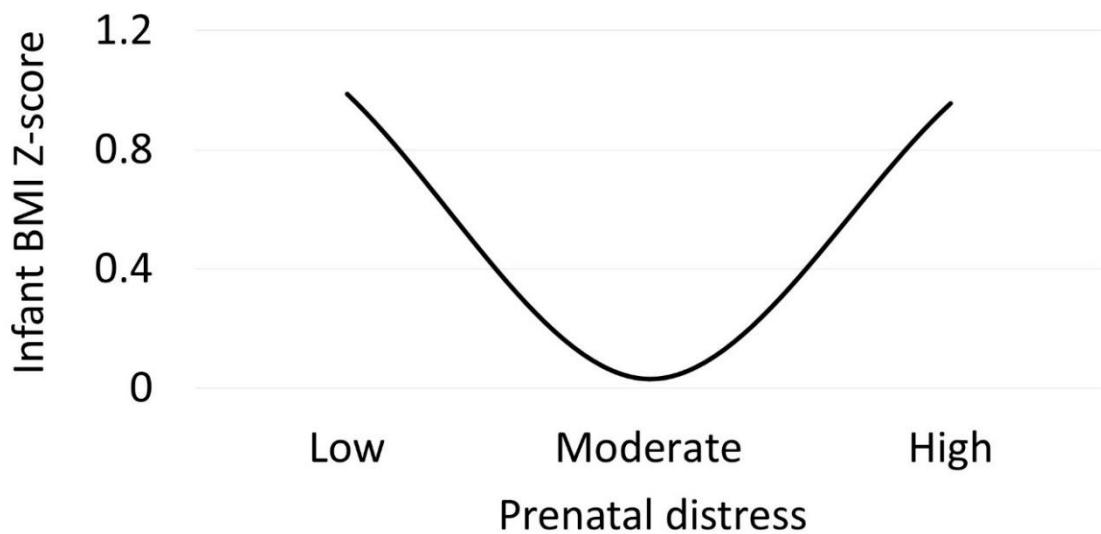


Figure 3: Relationship between prenatal distress and infant body mass index (BMI) Z-scores: Predicted values for BMI Z-scores plotted results of regression analyses. Values for low, moderate, and high distress represent the 10th, 50th, and 90th percentiles in the current sample.



ANNEXE C

QUESTIONNAIRE SUR LA SANTÉ PSYCHOSOCIALE ET LA DIVERSITÉ
ALIMENTAIRE (BISLAMA)

Riseja _____ Ples _____ Deit _____



Helt blong ol mama, helt blong ol komuniti

Kwestin long helt blong ol mama long Vanuatu

Samtaem ol man oli harem gud mo samteaem olgeta oli harem oli no gud.

Mifala i wantem save yu olsem wanem tiswikk (las 7 dei we i jus pas).

Andanit ikat wan list blong ol staetmen. Plis yu ridim staetmen, afta yu tikim boks
blong hem wan we yu akri wetem.

Afta, yu jus folowem wan wan staetmen ikodoan mo tikim boks lo we we yu harem
long ij wan.

1. Efrisamtong i mekem kros istap kamaot long mi: **I was bothered by things that usually don't bother me.**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

2. Mi harem se mi no hangri mo mi no wantem kakae: **I did not feel like eating; my appetite was poor.**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

3. Mi no save smael efin taem we mi wetem ol family mo ol fren blong mi: **I felt that I could not shake off the blues even with help from my family or friends.**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

4. Mi harem se mi hapi: **I felt happy**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

5. I hat blong mi folowem ol wok long hoas o karden o stoa from tingting i sta olabot: **I had trouble keeping my mind on what I was doing.**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

6. Mi harem wan strong samting i pulum daon hat blong mi we. Afta, mi no save smael.: **I felt depressed.**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

7. Efrisamtong mi traem mekem hemi wan hardwok, ifendoa bifò hemi isi: **I felt that everything I did was an effort.**

No kat nating tiswikk Wan wan taem nomo tiswikk Sam taem long tiswikk
Fulap taem tiswikk

8. Mi bin tingbout ol gud samting wei i stap kam long fijuja: **I felt hopeful about the future.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

9. Mi stap fræt: **I felt fearful.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

10. Mi no save silip kud: **My sleep was restless.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

11. Mi harem mi taert bae mi no save from wanem: **I felt tired out for no good reason.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

12. Taem mi kerap long morning, mi harem se fyah i ded ifin bifof dei i stat: **I could not "get going."**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

13. Mi no storian wetem ol nata fren mo family: **I talked less than usual.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

14. Mi harem nokud insaet: **I felt sad.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

15. Ol man oli no kaen long mi: **People were unfriendly.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

16. Mi stap crae plenty: **I had crying spells.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

17. Mi filim mi no save stap kwaet. Mi sta mofmof ol abaot. **I felt restless and fidgety.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

18. Mi save tokbout ol tinktink blong mi wetem ol fren blong mi: **I feel confident to think or express my own ideas and opinions.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

19. Mi harem se mi sta mekem wan gudfala wok we hemi benefitim komuniti blong mi: **I feel I have something important to contribute to society.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik Sam taem long tiswik
Fulap taem tiswik

20. Mi harem se mi trastem ol nata man: **I have warm and trusting relationships with others.**

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik
Fulap taem tiswik

Sam taem long tiswik

21. Mi harem se laef i swit: I am satisfied with life.

No kat nating tiswik Wan wan taem nomo tiswik
Fulap taem tiswik

Sam taem long tiswik

Kwestin long kakai blong yu

Instraksen:

Raetem hamas
dei long long
disfala wik (long
7 dei) yu bin
kakae disfala
kakae ia.

Eksapol:
Sapos yu kakae
disfala kakae
evri dei tiswik,
raetem "7".

Sapos yu kakae
disfala kakae 3
dei long tiswik,
raetem "3".

Sapos yu no
kakae disfala
kakae, raetem
"0".

<u>Kakae</u>	Hamas dei yu bin kakae long long disfala wik (long 7 dei)
Raes	
Nudel	
Bred, biscuit, gato, kek	
Lokol rus (olsem taro, kumala, yam, laplap)	
Kokonas	
Frut (olsem banana, bredfrut, pamplimus,	
Lif (olsem aelan kabis, taro lif, pampken	
Legim (olsem bin, pampken, kon, karot)	
Fres fis	
Tinfis	
Busmit (olsem flaengfokis, krab, wael faol)	
Narafala fres mit (olsem buluk, pig, faol)	
Tinmit	
Twisties o natasamting olsem (jips, bongos,	
Ani swit dring (olsem Coke-a-Cola, Sprint,	

Instraksen: Ples ia, raetem **evri samting** yu bin kakae **yestedei**.

Eksapol:

Moning: strong biscuit wetem tea, 1 pomplamus

Aftanun: laplap taro wetem aelan kabis, pinat

Naet: nudel wetem tinfin mo kumala

Moning:

Aftanun:

Naet:

BIBLIOGRAPHIE

- Accortt, E. E., Cheadle, A. C., & Dunkel Schetter, C. (2015). Prenatal depression and adverse birth outcomes: an updated systematic review. *Maternal and Child Health Journal*, 19(6):1306-1337. doi:10.1007/s10995-014-1637-2
- ACOG (American College of Obstetricians and Gynecologists). (2020). Macrosomia: ACOG Practice Bulletin, Number 216. *Obstetrics and Gynecology*, 135(1), e18-e35. doi: 10.1097/AOG.0000000000003606
- Adynski, H., Zimmer, C., Thorp, J., Jr., & Santos, H. P., Jr. (2019). Predictors of psychological distress in low-income mothers over the first postpartum year. *Res Nurs Health*, 42(3), 205-216. doi:10.1002/nur.21943
- American Psychiatric Association. (2013). *American Psychiatric Association: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (Fifth Edition ed.). Arlington, VA.
- American Psychiatric Association. (2019). Stress effects on the body. Retrieved from <http://www.apa.org/helpcenter/stress-body>
- American Psychological Association, A. (2020). APA Dictionary of Psychology. Retrieved from <https://dictionary.apa.org/psychosocial>
- Andersson, L., Sundström-Poromaa, I., Wulff, M., Åström, M., & Bixo, M. (2004). Neonatal outcome following maternal antenatal depression and anxiety: a population-based study. *American journal of epidemiology*, 159(9), 872-881.
- Andrews, G., & Slade, T. (2001). Interpreting scores on the Kessler Psychological Distress Scale (K10). *Australian and New- Zealand Journal of Public Health*,

- 25(6), 494-497. Retrieved from
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11824981>
- Arizmendi, T. G., & Affonso, D. D. (1987). Stressful events related to pregnancy and postpartum. *Journal of Psychosomatic Research*, 31(6), 743-756. doi:10.1016/0022-3999(87)90023-7
- Avison, W. R., Ali, J., & Walters, D. (2007). Family structure, stress, and psychological distress: a demonstration of the impact of differential exposure. *Journal of Health Social Behavior*, 48(3), 301-317. doi:10.1177/002214650704800307
- Baker, B. C., Hayes, D. J., & Jones, R. L. (2018). Effects of micronutrients on placental function: evidence from clinical studies to animal models. *Reproduction (Cambridge, England)*, 156(3), R69–R82. <https://doi.org/10.1530/REP-18-0130>
- Balaji, A. B., Claussen, A. H., Smith, D. C., Visser, S. N., Morales, M. J., & Perou, R. (2007). Social support networks and maternal mental health and well-being. *Journal of women's health (2002)*, 16(10):1386–1396. <https://doi.org/10.1089/jwh.2007.CDC10>
- Barker, D. J. (2007). The origins of the developmental origins theory. *Journal of Internal Medicine*, 261(5), 412-417. doi:10.1111/j.1365-2796.2007.01809.x
- Barrios, Y. V., Sanchez, S. E., Qiu, C., Gelaye, B., & Williams, M. A. (2014). Risk of spontaneous preterm birth in relation to maternal experience of serious life events during pregnancy. *International journal of women's health*, 6, 249.
- Becerra, B. J., Sis-Medina, R. C., Reyes, A., & Becerra, M. B. (2015). Association Between Food Insecurity and Serious Psychological Distress Among Hispanic Adults Living in Poverty. *Preventing Chronic Disease*, 12, E206. doi:10.5888/pcd12.150334
- Belkacemi, L., Nelson, D. M., Desai, M., & Ross, M. G. (2010). Maternal undernutrition influences placental-fetal development. *Biology of Reproduction*, 83(3):325-331. doi:10.1095/biolreprod.110.084517

- Beydoun, H., & Saftlas, A. F. (2008). Physical and mental health outcomes of prenatal maternal stress in human and animal studies: a review of recent evidence. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 22(5), 438-466. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3016.2008.00951.x>
- Bhat, A., Chowdayya, R., Selvam, S., Khan, A., Kolts, R., & Srinivasan, K. (2015). Maternal prenatal psychological distress and temperament in 1–4 month old infants—a study in a non-western population. *Infant Behavior and Development*, 39, 35-41.
- Bitler, M. P., & Currie, J. (2005). Does WIC work? The effects of WIC on pregnancy and birth outcomes. *Journal of Policy Analysis and Management: The Journal of the Association for Public Policy Analysis and Management*, 24(1), 73-91.
- Blencowe, H., Krasevec, J., de Onis, M., Black, R. E., An, X., Stevens, G. A., . . . Cousens, S. (2019). National, regional, and worldwide estimates of low birthweight in 2015, with trends from 2000: a systematic analysis. *Lancet Global Health*, 7(7), e849-e860. doi:10.1016/S2214-109X(18)30565-5
- Bronson, S. L., & Bale, T. L. (2014). Prenatal stress-induced increases in placental inflammation and offspring hyperactivity are male-specific and ameliorated by maternal anti-inflammatory treatment. *Endocrinology*, 155(7), 2635–2646. <https://doi.org/10.1210/en.2014-1040>
- Buffa, G., Dahan, S., Sinclair, I., St-Pierre, M., Roofigari, N., Mutran, D., . . . Dancause, K. N. (2018). Prenatal stress and child development: A scoping review of research in low-and middle-income countries. *PLoS one*, 13(12).
- Bussières, E. L., Tarabulsky, G. M., Pearson, J., Tessier, R., Forest, J.-C., & Giguère, Y. (2015). Maternal prenatal stress and infant birth weight and gestational age: A meta-analysis of prospective studies. *Developmental Review*, 36, 179-199.
- Chavatte-Palmer, P., Tarrade, A., & Levy, R. (2012). Origines développementales de la santé et des maladies de l'adulte: rôle de l'environnement maternel. *Gynécologie obstétrique & fertilité*, 40(9), 517-519.

- Christian, P., Nanayakkara-Bind, A., Schulze, K., Wu, L., Leclercq, S. C., & Khatri, S. K. (2016). Antenatal micronutrient supplementation and third trimester cortisol and erythropoietin concentrations. *Maternal and Child Nutrition, 12*(1), 64-73. doi:10.1111/mcn.12138
- Class, Q. A., Lichtenstein, P., Långström, N., & D'onofrio, B. M. (2011). Timing of prenatal maternal exposure to severe life events and adverse pregnancy outcomes: a population study of 2.6 million pregnancies. *Psychosomatic medicine, 73*(3), 234.
- Cohen, S., Kessler, R. C., & Gordon, L. U. (Eds.). *Measuring stress: A guide for health and social scientists*. (1997). New York: Oxford University Press.
- Cottrell, E. C., & Seckl, J. R. (2009). Prenatal stress, glucocorticoids and the programming of adult disease. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 3*, 19. doi:10.3389/neuro.08.019.2009
- D'Anna-Hernandez, K. L., Ross, R. G., Natvig, C. L., & Laudenslager, M. L. (2011). Hair cortisol levels as a retrospective marker of hypothalamic-pituitary axis activity throughout pregnancy: comparison to salivary cortisol. *Physiology and Behaviour, 104*(2), 348-353. doi:10.1016/j.physbeh.2011.02.041
- Dancause, K. N., Laplante, D. P., Fraser, S., Brunet, A., Ciampi, A., Schmitz, N., & King, S. (2012). Prenatal exposure to a natural disaster increases risk for obesity in 5 ½ year old children. *Pediatric Research, 71*, 126-131.
- Dancause, K. N., Laplante, D. P., Hart, K. J., O'Hara, M. W., Elgbeili, G., Brunet, A., & King, S. (2015). Prenatal stress due to a natural disaster predicts adiposity in childhood: the Iowa Flood Study. *Journal of obesity, 2015*.
- Dayan, J., Creveuil, C., Marks, M. N., Conroy, S., Herlicoviez, M., Dreyfus, M., & Tordjman, S. (2006). Prenatal depression, prenatal anxiety, and spontaneous preterm birth: a prospective cohort study among women with early and regular care. *Psychosomatic medicine, 68*(6), 938-946.
- Ding, X. X., Wu, Y. L., Xu, S. J., Zhu, R. P., Jia, X. M., Zhang, S. F., Huang, K., Zhu, P., Hao, J. H., & Tao, F. B. (2014). Maternal anxiety during pregnancy and

- adverse birth outcomes: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Journal of affective disorders*, 159:103–110. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.02.027>
- DiPietro, J. A. (2012). Maternal stress in pregnancy: considerations for fetal development. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society for Adolescent Medicine*, 51(2 Suppl), S3-8. doi:10.1016/j.jadohealth.2012.04.008
- DiPietro, J. A., Novak, M. F., Costigan, K. A., Atella, L. D., & Reusing, S. P. (2006). Maternal psychological distress during pregnancy in relation to child development at age two. *Child development*, 77(3), 573-587.
- Donatelle, R. J. (2011). Psychosocial Health. In *Health*. Retrieved from https://www.lahc.edu/classes/pe/health/health11media/Health_11_Chapter_2_Psychosocial-PDF.pdf
- Drapeau, A., Marchand, A., & Beaulieu-Prévost, D. (2012). Epidemiology of Psychological Distress. In L. L'Abate (Ed.), *Mental Illnesses: Understanding, Prediction and Control*: InTech.
- Dunkel Schetter, C., & Tanner, L. (2012). Anxiety, depression and stress in pregnancy: implications for mothers, children, research, and practice. *Curr Opin Psychiatry*, 25(2):141-148. doi:10.1097/YCO.0b013e3283503680
- Entringer, S. (2013). Impact of stress and stress physiology during pregnancy on child metabolic function and obesity risk. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 16(3), 320.
- Entringer, S., Buss, C., Swanson, J. M., Cooper, D. M., Wing, D. A., Waffarn, F., & Wadhwa, P. D. (2012). Fetal programming of body composition, obesity, and metabolic function: the role of intrauterine stress and stress biology. *Journal of nutrition and metabolism*, 2012. doi:10.1155/2012/632548
- Entringer, S., Buss, C., & Wadhwa, P. D. (2010). Prenatal stress and developmental programming of human health and disease risk: concepts and integration of

- empirical findings. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 17(6), 507-516. doi:10.1097/MED.0b013e3283405921
- Eriksson, J. G. (2005). Early growth and adult health outcomes--lessons learned from the Helsinki Birth Cohort Study. *Maternal and Child Nutrition*, 1(3), 149-154. doi:MCN17.
- Feldman, P. J., Dunkel-Schetter, C., Sandman, C. A., & Wadhwa, P. D. (2000). Maternal social support predicts birth weight and fetal growth in human pregnancy. *Psychosomatic medicine*, 62(5), 715–725. <https://doi.org/10.1097/00006842-200009000-00016>
- Fevre, M. L., Matheny, J., & Kolt, G. S. (2003). Eustress, distress, and interpretation in occupational stress. *Journal of managerial psychology*, 18(7), 726-744.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2016). *Minimum Dietary Diversity for Women: A Guide for Measurement*. Retrieved from Rome: FAO
- Frith, A. L., Naved, R. T., Persson, L. A., & Frongillo, E. A. (2015). Early prenatal food supplementation ameliorates the negative association of maternal stress with birth size in a randomised trial. *Maternal and Child Nutrition*, 11(4), 537-549. doi:10.1111/mcn.12047
- Frith, A. L., Naved, R. T., Persson, L. A., Rasmussen, K. M., & Frongillo, E. A. (2012). Early participation in a prenatal food supplementation program ameliorates the negative association of food insecurity with quality of maternal-infant interaction. *The Journal of nutrition*, 142(6), 1095-1101. doi:10.3945/jn.111.155358
- Gelaye, B., Rondon, M. B., Araya, R., & Williams, M. A. (2016). Epidemiology of maternal depression, risk factors, and child outcomes in low-income and middle-income countries. *Lancet Psychiatry*, 3(10):973-982. doi:10.1016/S2215-0366(16)30284-X.
- Gilbert, L., Gross, J., Lanzi, S., Quansah, D. Y., Puder, J., & Horsch, A. (2019). How diet, physical activity and psychosocial well-being interact in women with

- gestational diabetes mellitus: an integrative review. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 19(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s12884-019-2185-y>
- Gillman, M. W., Rich-Edwards, J. W., Huh, S., Majzoub, J. A., Oken, E., Taveras, E. M., & Rifas-Shiman, S. L. (2006). Maternal corticotropin-releasing hormone levels during pregnancy and offspring adiposity. *Obesity (Silver Spring)*, 14(9), 1647-1653. doi:10.1038/oby.2006.189
- Glover, V. (2011). The effects of prenatal stress on child behavioural and cognitive outcomes start at the beginning. *Stress and pregnancy (prenatal and perinatal)*, 19.
- Glover, V. (2014). Maternal depression, anxiety and stress during pregnancy and child outcome; what needs to be done. *Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology*, 28(1), 25-35.
- Glover, V., O'Connor, T. G., & O'Donnell, K. (2010). Prenatal stress and the programming of the HPA axis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(1), 17-22. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.11.008
- Gouvernement du Québec. (2009). *Fiche psychosociale: Le stress et l'anxiété*. Québec Retrieved from https://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2009/09-235-12F_01.pdf
- Graignic-Philippe, R., Dayan, J., Chokron, S., Jacquet, A. Y., & Tordjman, S. (2014). Effects of prenatal stress on fetal and child development: a critical literature review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 43, 137-162. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.03.022
- Grote, N. K., Bridge, J.A., Gavin, A.R., Melville, J.L., Iyengar, S., & Katon, W.J. (2010). A meta-analysis of depression during pregnancy and the risk of preterm birth, low birth weight, and intrauterine growth restriction. *Arch Gen Psychiatry*, 67(10):1012-1024. doi:10.1001/archgenpsychiatry.2010.111
- Hargrove, M. B. (2013). Hargrove, MB, Nelson, DL, and Cooper, CL (2013) Generating eustress by challenging employees: Helping people savor their

- work. *Organizational Dynamics*, 42, 61-69. *Organizational Dynamics*, 42, 61-69.
- Hobel, C., & Culhane, J. (2003). Role of psychosocial and nutritional stress on poor pregnancy outcome. *Journal of Nutrition*, 133(5 Suppl 2), 1709S-1717S. doi:10.1093/jn/133.5.1709S
- Hobel, C. J., Dunkel-Schetter, C., Roesch, S. C., Castro, L. C., & Arora, C. P. (1999). Maternal plasma corticotropin-releasing hormone associated with stress at 20 weeks' gestation in pregnancies ending in preterm delivery. *American journal of obstetrics and gynecology*, 180(1), S257-S263.
- Hobel, C. J., Goldstein, A., & Barrett, E. S. (2008). Psychosocial stress and pregnancy outcome. *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 51(2), 333-348. doi:10.1097/GRF.0b013e31816f2709
- Hocher, B. (2007). Fetal programming of cardiovascular diseases in later life - mechanisms beyond maternal undernutrition. *Journal of Physiology*, 579(Pt 2), 287-288. doi:10.1113/jphysiol.2007.127738
- Hohwu, L., Henriksen, T. B., Gronborg, T. K., Hedegaard, M., Sorensen, T. I., & Obel, C. (2015). Maternal salivary cortisol levels during pregnancy are positively associated with overweight children. *Psychoneuroendocrinology*, 52, 143-152. doi:10.1016/j.psyneuen.2014.11.006
- Hohwu, L., Li, J., Olsen, J., Sorensen, T. I., & Obel, C. (2014). Severe maternal stress exposure due to bereavement before, during and after pregnancy and risk of overweight and obesity in young adult men: a Danish National Cohort Study. *PLoS One*, 9(5), e97490. doi:10.1371/journal.pone.0097490
- Huizink, A. C., De Medina, P. G. R., Mulder, E. J., Visser, G. H., & Buitelaar, J. K. (2002). Psychological measures of prenatal stress as predictors of infant temperament. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 41(9), 1078-1085.

- Hüther, G. (1998). Stress and the adaptive self-organization of neuronal connectivity during early childhood. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 16(3-4), 297-306.
- Ingstrup, K. G., Schou Andersen, C., Ajslev, T. A., Pedersen, P., Sorensen, T. I., & Nohr, E. A. (2012). Maternal Distress during Pregnancy and Offspring Childhood Overweight. *Journal of Obesity*, 2012, 462845. doi:10.1155/2012/462845
- Kapoor, A., Dunn, E., Kostaki, A., Andrews, M. H., & Matthews, S. G. (2006). Fetal programming of hypothalamo-pituitary-adrenal function: prenatal stress and glucocorticoids. *The Journal of Physiology*, 572(Pt 1), 31-44. doi:10.1113/jphysiol.2006.105254
- Kessler, R. C., Andrews, G., Colpe, L. J., Hiripi, E., Mroczek, D. K., Normand, S. L., . . . Zaslavsky, A. M. (2002). Short screening scales to monitor population prevalences and trends in non-specific psychological distress. *Psychological Medicine*, 32(6), 959-976.
- Keyes, C. L. (2002). The mental health continuum: from languishing to flourishing in life. *Journal of Health and Social Behavior*, 43(2), 207-222. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12096700>
- Khashan, A. S., McNamee, R., Abel, K., Mortensen, P. B., Kenny, L., Pedersen, M. G., . . . Baker, P. (2008). Rates of preterm birth following antenatal maternal exposure to severe life events: a population-based cohort study. *Human Reproduction*, 24(2), 429-437.
- King, S., Dancause, K., Turcotte-Tremblay, A. M., Veru, F., & Laplante, D. P. (2012). Using natural disasters to study the effects of prenatal maternal stress on child health and development. *Birth Defects Research Part C: Embryo Today*, 96(4), 273-288. doi:10.1002/bdrc.21026
- King, S., & Laplante, D. P. (2005). The effects of prenatal maternal stress on children's cognitive development: Project Ice Storm. *Stress*, 8(1), 35-45.

- Kingston, D., Tough, S., & Whitfield, H. (2012). Prenatal and postpartum maternal psychological distress and infant development: a systematic review. *Child psychiatry and human development*, 43(5), 683–714. <https://doi.org/10.1007/s10578-012-0291-4>
- Kramer, M. S., Lydon, J., Séguin, L., Goulet, L., Kahn, S. R., McNamara, H., . . . Sharma, S. (2009). Stress pathways to spontaneous preterm birth: the role of stressors, psychological distress, and stress hormones. *American journal of epidemiology*, 169(11), 1319-1326.
- Kroska, E. B., O'Hara, M. W., Elgbeili, G., Hart, K. J., Laplante, D. P., Dancause, K. N., & King, S. (2018). The impact of maternal flood-related stress and social support on offspring weight in early childhood. *Archives of Women's Mental Health*, 21(2), 225-233. doi:10.1007/s00737-017-0786-x
- Lamichhane, N., Olsen, N. J., Mortensen, E. L., Obel, C., Heitmann, B. L., & Handel, M. N. (2020). Associations between maternal stress during pregnancy and offspring obesity risk later in life-A systematic literature review. *Obesity Reviews*, 21(2), e12951. doi:10.1111/obr.12951
- Laplante, D. P., Brunet, A., Schmitz, N., Ciampi, A., & King, S. (2008). Project Ice Storm: prenatal maternal stress affects cognitive and linguistic functioning in 5 1/2-year-old children. *Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 47(9), 1063-1072. doi:10.1097/CHI.0b013e31817eec80
- Lazinski, M. J., Shea, A. K., & Steiner, M. (2008). Effects of maternal prenatal stress on offspring development: a commentary *Archives of Women's Mental Health*, 11, 363-375
- Lee, G. O., Surkan, P. J., Zelner, J., Paredes Olórtegui, M., Peñataro Yori, P., Ambikapathi, R., Caulfield, L. E., Gilman, R. H., & Kosek, M. N. (2018). Social connectedness is associated with food security among peri-urban Peruvian Amazonian communities. *SSM - Population Health*, 4, 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2018.02.004>

- Lesage, J., Blondeau, B., Grino, M., Breant, B., & Dupouy, J. P. (2001). Maternal undernutrition during late gestation induces fetal overexposure to glucocorticoids and intrauterine growth retardation, and disturbs the hypothalamo-pituitary adrenal axis in the newborn rat. *Endocrinology*, 142:1692-1702.
- Li, J., Olsen, J., Vestergaard, M., Obel, C., Baker, J. L., & Sorensen, T. I. (2010). Prenatal stress exposure related to maternal bereavement and risk of childhood overweight. *PLoS One*, 5(7), e11896. doi:10.1371/journal.pone.0011896
- Lindsay, K. L., Buss, C., Wadhwa, P. D., & Entringer, S. (2017). The Interplay between Maternal Nutrition and Stress during Pregnancy: Issues and Considerations. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 70(3), 191-200. doi:10.1159/000457136
- Liu, G. T., Dancause, K. N., Elgbeili, G., Laplante, D. P., & King, S. (2016). Disaster-related prenatal maternal stress explains increasing amounts of variance in body composition through childhood and adolescence: Project Ice Storm. *Environmental Research*, 150, 1-7. doi:10.1016/j.envres.2016.04.039
- Liu, Y., Njai, R. S., Greenlund, K. J., Chapman, D. P., & Croft, J. B. (2014). Relationships between housing and food insecurity, frequent mental distress, and insufficient sleep among adults in 12 US States, 2009. *Preventing Chronic Disease*, 11, E37. doi:10.5888/pcd11.130334
- Lobel, M., Cannella, D. L., Graham, J. E., DeVincent, C., Schneider, J., & Meyer, B. A. (2008). Pregnancy-specific stress, prenatal health behaviors, and birth outcomes. *Health Psychol*, 27:604-615. doi: 10.1037/a0013242.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, IL: Human Kinetics Books.
- Loprinzi, P. D., Smit, E., & Mahoney, S. (2014). Physical activity and dietary behavior in US adults and their combined influence on health. *Mayo Clinic proceedings*, 89(2), 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.09.018>

- Martikainen, P., Bartley, M., & Lahelma, E. (2002). Psychosocial determinants of health in social epidemiology. *International Journal of Epidemiology*, 31(6), 1091-1093. doi:10.1093/ije/31.6.1091
- Mayo Clinic. (2020). Mental illness. Retrieved from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/mental-illness/symptoms-causes/syc-20374968>
- Mbugua, M. & Nzuma, J. & Muange, E. & Njuguna, M. & Jaeckering, L., (2018). Social networks and household dietary diversity, evidence from smallholder farmers in Kenya. *International Association of Agricultural Economists*, 2018 Conference, July 28-August 2, Vancouver, British Columbia.
- Meghea, C. I., Rus, I. A., Chereches, R. M., Costin, N., Caracostea, G., & Brinzaniciuc, A. (2014). Maternal smoking during pregnancy and birth outcomes in a sample of Romanian women. *Central European Journal of Public Health*, 22(3), 153-158. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25438390>
- Monk, C., Spicer, J., & Champagne, F. A. (2012). Linking prenatal maternal adversity to developmental outcomes in infants: the role of epigenetic pathways. *Development and psychopathology*, 24(4), 1361-1376.
- O'Donnell, K., O'Connor, T. G., & Glover, V. (2009). Prenatal stress and neurodevelopment of the child: Focus on the HPA axis and role of the placenta. *Developmental Neuroscience*, 31:285-292. doi: 10.1159/000216539
- Olafsdottir, A. S., Skuladottir, G. V., Thorsdottir, I., Hauksson, A., & Steingrimsdottir, L. (2006). Combined effects of maternal smoking status and dietary intake related to weight gain and birth size parameters. *BJOG*, 113(11).
- Omidvar, S., Faramarzi, M., Hajian-Tilaki, K., & Nasiri Amiri, F. (2018). Associations of psychosocial factors with pregnancy healthy life styles. *PLoS One*, 13(1):e0191723. doi:10.1371/journal.pone.0191723
- Pomer, A., Buffa, G., Taleo, F., Sizemore, J. H., Tokon, A., Taleo, G., . . . Dancause, K. N. (2018). Relationships between psychosocial distress and diet during pregnancy and infant birthweight in a lower-middle income country: "Healthy

- mothers, healthy communities" study in Vanuatu. *Annals of Human Biology*, 1-28. doi:10.1080/03014460.2018.1459837
- Population Data. (2018). Vanuatu. Retrieved from <https://www.populationdata.net/pays/vanuatu/>
- Premji, S. (2014). Perinatal distress in women in low- and middle-income countries: allostatic load as a framework to examine the effect of perinatal distress on preterm birth and infant health. *Maternal and Child Health Journal*, 18(10), 2393-2407. doi:10.1007/s10995-014-1479-y
- Rabasa, C., & Dickson, S. L. (2016). Impact of stress on metabolism and energy balance. *Current Opinion in Behavioural Sciences Sci*, 9, 71-77.
- Radloff, L. S. (1977). The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurements*, 1, 385–401.
- Ramchandani, P. G., Richter, L. M., Norris, S. A., & Stein, A. (2010). Maternal prenatal stress and later child behavioral problems in an urban South African setting. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(3), 239-247.
- Rice, F., Harold, G., Boivin, J., Van den Bree, M., Hay, D., & Thapar, A. (2010). The links between prenatal stress and offspring development and psychopathology: disentangling environmental and inherited influences. *Psychological medicine*, 40(2), 335-345.
- Rondó, P., Rezende, G., Lemos, J., & Pereira, J. (2013). Maternal stress and distress and child nutritional status. *European journal of clinical nutrition*, 67(4), 348.
- Roozbeh, N., Nahidi, F., & Hajiyani, S. (2016). Barriers related to prenatal care utilization among women. *Saudi Medical Journal*, 37(12), 1319–1327. <https://doi.org/10.15537/smj.2016.12.15505>
- Rothberg, A. D., Shuenyane, E., Lits, B., & Strelbel, P. M. (1991). Effect of stress on birth weight in two Johannesburg populations. *South African Medical Journal*, 79(1), 35-38. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2->

- s2.0-
- 0026026984&partnerID=40&md5=ddfb7793a72037c049f8efbd640c4b1
- Saaka, M. (2013). Maternal dietary diversity and infant outcome of pregnant women in Northern Ghana. *International Journal of Child Health and Nutrition*, 1(2), 148-156.
- Salleh, M. R. (2008). Life event, stress and illness. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 15(4), 9-18. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22589633>
- Sandman, C. A., Davis, E. P., Buss, C., & Glynn, L. M. (2011). Prenatal programming of human neurological function. *International Journal of Peptide and Therapeutics*, 2011, 837596. doi:10.1155/2011/837596
- Sandman, C. A., Davis, E. P., Buss, C., & Glynn, L. M. (2012). Exposure to prenatal psychobiological stress exerts programming influences on the mother and her fetus. *Neuroendocrinology*, 95(1), 8-21.
- Selye, H. (1955). Stress and disease. *Science*, 122(3171), 625-631.
- Sharma, J., O'Connor, M., & Rima Jolivet, R. (2018). Group antenatal care models in low- and middle-income countries: a systematic evidence synthesis. *Reproductive health*, 15(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s12978-018-0476-9>
- Smego, A., Woo, J. G., Klein, J., Suh, C., Bansal, D., Bliss, S., . . . Crimmins, N. A. (2017). High Body Mass Index in Infancy May Predict Severe Obesity in Early Childhood. *Journal of Pediatrics*, 183, 87-93 e81. doi:10.1016/j.jpeds.2016.11.020
- Stalder, T., Steudte, S., Miller, R., Skoluda, N., Dettenborn, L., & Kirschbaum, C. (2012). Intraindividual stability of hair cortisol concentrations. *Psychoneuroendocrinology*, 37(5), 602-610. doi:10.1016/j.psyneuen.2011.08.007
- Stewart, C. P., Oaks, B. M., Laugero, K. D., Ashorn, U., Harjunmaa, U., Kumwenda, C., . . . Dewey, K. G. (2015). Maternal cortisol and stress are associated with birth outcomes, but are not affected by lipid-based nutrient supplements during

- pregnancy: An analysis of data from a randomized controlled trial in rural Malawi. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 15(1). doi:10.1186/s12884-015-0793-8
- St-Pierre, M., Sinclair, I., Elgbeili, G., Bernard, P., & Dancause, K. N. (2019). Relationships between psychological distress and health behaviors among Canadian adults: Differences based on gender, income, education, immigrant status, and ethnicity. *SSM - Population Health*, 7, 100385.
- Sutherland, S., & Brunwasser, S. M. (2018). Sex Differences in Vulnerability to Prenatal Stress: a Review of the Recent Literature. *Current Psychiatry Reports*, 20(11), 102. doi:10.1007/s11920-018-0961-4
- Tamashiro, K. L., Terrillion, C. E., Hyun, J., Koenig, J. I., & Moran, T. H. (2009). Prenatal stress or high-fat diet increases susceptibility to diet-induced obesity in rat offspring. *Diabetes*, 58(5), 1116-1125. doi:10.2337/db08-1129
- Teixeira, J. M., Fisk, N. M., & Glover, V. (1999). Association between maternal anxiety in pregnancy and increased uterine artery resistance index: cohort based study. *BMJ*, 318(7177), 153–157. <https://doi.org/10.1136/bmj.318.7177.153>
- Therrien, A. S., Buffa, G., Roome, A. B., Standard, E., Pomer, A., Obed, J., . . . Dancause, K. N. (2020). Relationships between prenatal distress, diet, and birth outcomes in a lower-middle income country: “Healthy mothers, healthy communities” study in Vanuatu. *American Journal of Human Biology*, e23500. doi: 10.1002/ajhb.23500.
- Tran, T. D., Biggs, B.-A., Tran, T., Simpson, J. A., de Mello, M. C., Hanieh, S., . . . Fisher, J. (2014). Perinatal common mental disorders among women and the social and emotional development of their infants in rural Vietnam. *Journal of affective disorders*, 160, 104-112.
- UNESCO, Institute for Statistics. (2013). *Adult and youth literacy: National, regional and global trends, 1985-2015*. Montreal: UNESCO.
- Valladares, E., Peña, R., Ellsberg, M., Persson, L. Å., & Höglberg, U. (2009). Neuroendocrine response to violence during pregnancy - Impact on duration of

- pregnancy and fetal growth. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica*, 88(7), 818-823. doi:10.1080/00016340903015321
- Van Dijk, A. E., Van Eijsden, M., Stronks, K., Gemke, R. J., & Vrijkotte, T. G. (2012). The relation of maternal job strain and cortisol levels during early pregnancy with body composition later in the 5-year-old child: the ABCD study. *Early Human Development*, 88(6), 351-356. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.09.009
- Vaughan, O. R., Davies, K. L., Ward, J. W., de Blasio, M. J., & Fowden, A. L. (2016). A physiological increase in maternal cortisol alters uteroplacental metabolism in the pregnant ewe. *The Journal of physiology*, 594(21), 6407–6418. <https://doi.org/10.1113/JP272301>
- Wadhwa, P. D., Sandman, C. A., Porto, M., Dunkel-Schetter, C., & Garite, T. J. (1993). The association between prenatal stress and infant birth weight and gestational age at birth: a prospective investigation. *American journal of obstetrics and gynecology*, 169(4), 858-865.
- Wadhwa, P. D., Entringer, S., Buss, C., & Lu, M. C. (2011). The contribution of maternal stress to preterm birth: issues and considerations. *Clinics in Perinatology*, 38(3), 351-384. doi:10.1016/j.clp.2011.06.007
- World Bank. (2018). World Bank Country and Lending Groups. Retrieved from <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>
- World Health Organization (WHO). (2006). WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992). Supplement*, 450, 76.
- World Health Organization (WHO) (2014). *WHA Global Nutrition Targets 2025: Low Birth Weight Policy Brief*. Retrieved from Geneva: https://www.who.int/nutrition/topics/globaltargets_lowbirthweight_policybrief.pdf
- World Health Organization (WHO) (2017). The WHO child growth standards: weight-for-age. Retrieved from <http://www.who.int/childgrowth/standards/en/>

- World Health Organization (WHO) (2019). The WHO Child Growth Standards. Retrieved from https://www.who.int/childgrowth/standards/chart_catalogue/en/
- Zadzinska, E., & Rosset, I. (2013). Pre-natal and perinatal factors affecting body mass index in pre-pubertal Polish children. *Annals of Human Biology*, 40(6), 477-484. doi:10.3109/03014460.2013.806589
- Zahlawi, T., Roome, A. B., Chan, C. W., Campbell, J. J., Tosiro, B., Malanga, M., . . . Dancause, K. N. (2019). Psychosocial support during displacement due to a natural disaster: relationships with distress in a lower-middle income country. *International Health*. doi:10.1093/inthealth/ihy099
- Zerfu, T. A., Umeta, M., & Baye, K. (2016). Dietary diversity during pregnancy is associated with reduced risk of maternal anemia, preterm delivery, and low birth weight in a prospective cohort study in rural Ethiopia. *The American journal of clinical nutrition*, 103(6), 1482-1488.
- Zhu, P., Sun, M. S., Hao, J. H., Chen, Y. J., Jiang, X. M., Tao, R. X., . . . Tao, F. B. (2014). Does prenatal maternal stress impair cognitive development and alter temperament characteristics in toddlers with healthy birth outcomes? *Developmental Medicine & Child Neurology*, 56(3), 283-289.
- Zhu, P., Tao, F., Hao, J., Sun, Y., & Jiang, X. (2010). Prenatal life events stress: implications for preterm birth and infant birthweight. *American journal of obstetrics and gynecology*, 203(1), 34. e31-34. e38.